



RÜDIGER SCHACHT

**DIE SPÄT- UND
POSTGLAZIALE ENTWICKLUNG
DER WOOD- UND LIEFDEFJORDREGION
NORDSPITZBERGENS**

GEOMAR
Forschungszentrum
für marine Geowissenschaften
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

Kiel 1998

GEOMAR REPORT 69

GEOMAR
Research Center
for Marine Geosciences
Christian Albrechts University
in Kiel

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Zum Druck genehmigt am 18.12.1996

Redaktion der Serie: Gerhard Haass
Umschlag: Kerstin Kreis, Harald Gross,
GEOMAR Technologie GmbH

Managing Editor: Gerhard Haass
Cover: Kerstin Kreis, Harald Gross,
GEOMAR Technologie GmbH

GEOMAR REPORT
ISSN 0936 - 5788

GEOMAR REPORT
ISSN 0936 - 5788

GEOMAR
Forschungszentrum
für marine Geowissenschaften
D-24148 Kiel
Wischhofstr. 1-3
Telefon (0431) 600-2555, 600-2505

GEOMAR
Research Center
for Marine Geosciences
D-24148 Kiel / Germany
Wischhofstr. 1-3
Telephone (49) 431 / 600-2555, 600-2505

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Ziele dieser Arbeit	1
1.2. Stand der Forschung	2
1.3. Die Spitzbergen-Expeditionen	4
2. Arbeitsgebiet	6
2.1. Spitzbergen	6
2.2. Wood- und Liefdefjordsystem	6
3. Methodik	19
3.1. Luftbildauswertung	19
3.2. Schiffgestützte Methoden	19
3.3. Analyse und Interpretation der hydroakustischen Aufzeichnungen	25
3.4. Volumetrische Berechnungen	29
3.5. Labormethoden	29
3.6. Kartenerstellung/kartographische Darstellung	36
4. Ergebnisse	38
4.1. Luftbildauswertung	38
4.2. Ozeanographie	45
4.3. Sonographie	51
4.4. Seismik	59
4.5. Arbeiten am Kernmaterial	76

5. Diskussion der Ergebnisse, Interpretation der Sedimentationsprozesse und chronologische Entwicklung des Sedimentationsraumes	104
5.1. Einleitung	104
5.2. Zusammenfassende Betrachtung der Untersuchungsergebnisse	104
5.3. Verbreitung des weichselzeitlichen Eises/chronologische Entwicklung des Sedimentationsraumes	111
5.4. Schlußfolgerungen	116
6. Literatur	117
7. Anhang	124

Vorwort und Dank

Thema dieser Arbeit ist die Erforschung von Gletscherfluktuationen und ihren Auswirkungen in einem Fjordsystem Spitzbergens Nordspitzbergens. Mit Hilfe akustischer, sedimentologischer und ozeanographischer Methoden wurde aus dem momentanen Status heraus die Deglaziationsgeschichte des Gebiets zu entwickeln.

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Thiede für die Vergabe der Arbeit, für das Ebnen so mancher Wege und viele Anregungen. Herrn Dr. F. Werner danke ich für den Vorschlag des Themas, die intensive Betreuung und die vielen wertvollen Diskussionen und Hilfestellungen.

Herrn Prof. Dr. A. Elverhøi von der Universität Oslo, Herrn Dr. A. Solheim und Herrn C.F. Forsberg vom Norwegischen Polarinstitut danke ich für die vielen hilfreichen Diskussionen und ihr persönliches Engagement. Des weiteren möchte ich Ihnen ganz herzlich für die freundschaftliche Aufnahme danken, die ich bei meinen Besuchen in Oslo und der Spitzbergenexpedition des Norwegischen Polarinstituts (NP'94) erfahren durfte. Insbesondere Herrn Dr. Solheim bin ich für sein großes persönliches Interesse, Engagement bei der Planung, Durchführung und Nachbereitung der NP'94 und so manch wertvoller Diskussion sehr dankbar.

Dank an Herrn Prof. Dr. R. Mäusbacher, Jena, für seine Initiative bezüglich der ersten Spitzbergenexpedition (SPE'92), die für die vorliegende Arbeit den ersten Ansatz gab. Herrn Dr. J. Müller von der TU Garching sei für die Überlassung der 3,5kHz- Aufzeichnungen der SPE'92 gedankt. Herrn Dipl.-Phys. T. Lothe vom Institut für Geophysik der Universität Bergen bin ich für die Messung und Überlassung der während der NP'94 erhobenen CTD-Daten zu Dank verpflichtet.

Ohne die professionelle Mithilfe der Schiffsführungen und -besatzungen der RV FREDERIKSTAD und der RV LANCE wären die Aufnahme der Daten und die Entnahme der Sedimentkerne unmöglich gewesen. Ihnen allen sei hiermit ebenfalls gedankt.

Für die vielen hilfreichen Diskussionen, Anregungen und praktischen Hilfestellungen sowie die kritischen Durchsicht des Manuskripts möchte ich mich sehr herzlich bei meiner Kollegin Frau Dr. D. Milkert bedanken. Mein Dank für zahlreiche Anmerkungen und Hilfen gebührt des weiteren meinen Kollegen Herrn Dr. G. Hoffmann und Herrn Dr. R. Atzler.

Frau Dr. A. Thies vom Geologisch-Paläontologischen Institut und Museum der Christian-Albrechts-Universität, Kiel (GIK) und Herrn Dr. W. Brenner vom GEOMAR, Kiel danke ich für die Hilfestellungen bei der Bestimmung der Foraminiferen- und Mollusken.

Für die Hilfen bei der Bearbeitung der Sedimentkerne möchte ich mich bei Frau W. Rehder und Herrn W. Reimers vom GPI sowie bei Herrn A. v. Doetinchem und Frau D. Rau von der GEOMAR Technologie G.m.b.H., Kiel, bedanken. Für die technischen Hilfen während der Planung und Durchführung der Expeditionen danke ich Herrn T. Schott, Herrn H. Beese und Herrn E. Steen vom SFB-313 der Christian-Albrechts-Universität, Kiel. Frau T. Hecht und Frau W. Rehder (beide GPI) danke ich für die Hilfen bei den Photoarbeiten und die Anfertigung der Phototafeln. Herzlich gedankt sei auch Herrn Kapitän V. Ohl und der Besatzung des FK LITTORINA für die praktische Unterstützung bei den Gerätetests in der Kieler Förde.

Bei den Arbeiten im Zuge der Vor- und Nachbereitungen der Expeditionen und der Bearbeitung des umfangreichen Probenmaterials wirkten mehrere studentischer Hilfskräfte mit. Besonders bedanken möchte ich mich bei cand.-geol. H. Plock, Dipl.-Phys. B. Tscheulin, cand.-phys. R. Persicke, cand.-geol. T. Kuhlmann und cand.-oz.. J. Heuer.

Ohne die finanzielle Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Antragsnummern: Ma 1308/2-3-11, We 564/11-2, We 564/13-1, Th 200/23-2) wäre die Realisierung dieser Arbeit unmöglich gewesen.

Dem Norwegischen Polarinstitut gebührt mein Dank für die Einladung zur NP'94-Schiffsexpedition, die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes in Oslo und die problemlose Kooperation bei allen logistischen Fragen im Zuge der NP'94 Expedition.

Mein besonderer Dank für tatkräftige und moralische Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit gilt meiner Freundin Dr. Susanne Nolof und meinen Eltern, die mich auch während des Promotionsstudiums in jeder Art und Weise großzügig unterstützten. Dr. Günther Nolof danke ich für die Durchsicht des Manuskripts. „Last but not least“ möchte ich mich für die vielen kleinen und großen Hilfestellungen bei allen möglichen PC-Problemen ganz herzlich bei meinem „kleinen“ Bruder Ulrich bedanken.

Zusammenfassung

Grundlage dieser Arbeit waren die seismischen, sonographischen, sedimentologischen und ozeanographischen Daten, die während zweier Expeditionen in das Wood- und Liefdefjordsystem Nordwest-Spitzbergens (SPE '92, NP '94) gewonnen wurden.

Das Arbeitsgebiet ließ sich in zwei Provinzen untergliedern: die Wood- und die Liefdefjordprovinz. Die Sedimentationsverhältnisse der Liefdefjordprovinz sind geprägt vom Einfluß der Gezeitengletscher im proximalen Bereich. In der Woodfjordprovinz zeigen sich dagegen die Verhältnisse vor einem an Land endenden Gletscher mit vorgelagertem Intratidalbereich.

Die Auswertung von Luftbildern ergab eine asymmetrische, im dokumentierten Zeitraum erstaunlich konstante Verteilung der Suspensionswolken im Fjordsystem. Die Messungen der ozeanographischen Parameter zeigten ebenfalls eine asymmetrische Verteilung und erlaubten die Definition provinztypischer Wasserkörper. Vor dem Gezeitengletscher ließ sich eine sog. „cold tongue“, im Mündungsbereich des Fjordsystems der Einfluß des West-Spitzbergenstroms belegen. Sonographisch zeigte sich eine sehr einheitliche Verteilung der Oberflächensedimente. Typische sonographische Merkmale der Woodfjordprovinz sind das vermehrte Auftreten von Rutschungen und Bereichen erhöhter Reflektivität („dark-patches“). Die Liefdefjordprovinz zeichnet sich durch ein vermehrtes Auftreten von Dropstones und Eisbergpflugmarken aus. Die seismischen Untersuchungen ergaben eine morphologische Großgliederung des Fjordsystems in 7 Becken. Flachseismische Provinzcharakteristika sind das Auftreten proximaler Schwemmfächer und Surge-Moränen, Verebnungsflächen, „fossiler“ Rückzugs-Moränen sowie eine asymmetrische Verteilung der Sedimente. Tiefenseismisch ließen sich 10 Einheiten definieren, die z.T. bis über den Kontinentalschelf hinweg verfolgt werden konnten. Sedimentologisch konnten in der Liefdefjordprovinz die saisonal wechselnden Sedimentationsverhältnisse vor einem Gezeitengletscher deutlich von denen der Woodfjordprovinz unterschieden werden.

Als Sedimenttransportprozesse konnten der Transport durch Gletschereis und Eisberge, durch Rutschungen und durch Suspensionswolken identifiziert werden. Ein Sedimenttransport durch Bodenströmungen ließ sich nicht belegen. Die Sedimentation aus Suspensionswolken erwies sich als der effizienteste Prozeß im Sedimentationsgeschehen der Fjorde.

Abstract

A large amount of seismic, sonographic, sedimentological and oceanographical data were obtained during two expeditions (SPE'92, NP'94) into the Wood- and Liefdefjord areas (NW-Spitsbergen) respectively.

The fjordsystem could be divided into the Wood- and the Liefdefjord province. The sedimentary environment of the Liefdefjord province is characterised by the influence of proximal tidewater glaciers, the sedimentary environment of the Woodfjord province by onshore terminated glaciers with tidal flats in proximal position.

Aerial photographs of the region show an asymmetric, time constant surface plume distribution. Oceanographic measurements reflect a very asymmetric parameter distribution is found by the two, showing „cold-tongues“ next to the tidewater glaciers, a typical stratification in the provinces and the influence of the West Spitsbergen current in the mouth area of the fjordsystem. Typical sonographic features of the Woodfjord province are slumps and so called „dark patches“. Typical sonographic features of the Liefdefjord province are high amounts of dropstones and iceberg plough marks. Shallow seismic profiles show proximal fan areas and surge moraines, erosion surfaces and „fossile“ retreat moraines allow to distinguish between the provinces. Airgun seismics provided 10 seismic units in the fjordsystem and on the continental shelf. Sedimentological evaluations showed a pro glacial environment with seasonal variations in Liefdefjord and „turbid outwash“, glacial distal environment in Woodfjord.

Three primary processes for sediment transport could be identified: sediment rafting and „bulldozing“ by glacial ice and icebergs, slumping and suspended plume sedimentation. Suspended plume sedimentation was found to be the most effective transport mechanism.

1. Einleitung

Die Küsten vieler Regionen, die von Gletschereis beeinflusst waren und/oder werden, sind durch das Auftreten von Fjorden gekennzeichnet. Sie stellen eines der charakteristischsten Merkmale der Küsten Norwegens, Grönlands, Schottlands, Islands, Kanadas, Alaskas, Neu Seelands, Chiles sowie Teilen der GUS-Staaten (Novaya Zemlya, Severbaya Emlya, Kamchatka und Barents-See Küste) dar. Fjorde besitzen eine typische Morphologie mit tiefen, oft steilwandigen Becken und flachen Schwellenregionen. Als Ästuarie bilden Fjorde das Verbindungsglied zwischen vergletschertem Hinterland und Ozean. Ihre morphologische Gliederung macht sie zu idealen Auffangbecken fluvialer und glaziomariner Sedimente des Hinterlandes (SYVITSKI et al. 1987). In den Sedimenten der Fjorde bildet sich die regionale Gletscherdynamik, die Art des Energie- und Materialaustausches mit dem vorgeschalteten Schelfmeer sowie die Geologie des Hinterlandes (HAMBREY 1994) ab.

Diese Arbeit stellt sonographische, seismische, sedimentologische und ozeanographische Untersuchungen im Wood- und Liefdefjordsystem Spitzbergens (vgl. Abb. 2.1.1.) vor, welches über mehrere Jahre hinweg Ziel multidisziplinärer terrestrischer Forschungen des Deutschen Arbeitskreises für Polargeographie war. Hinzu kamen Untersuchungen an Luftbildern der Region, die den Zeitraum 1937 bis 1990 abdecken.

Diese Untersuchungen ergänzen die ausgiebige, multidisziplinäre Erforschung der terrestrischen Regionen der SPE-Expeditionen (SPitzbergen-Expeditionen) im marin-ästuarinen Bereich.

1.1. Ziele dieser Arbeit

Ziel der Arbeit war die vielseitige geowissenschaftliche Aufnahme eines Naturraumes und seiner sich über einen kurzen Zeitraum hinweg abspielenden Dynamik sowie der Vergleich zweier Fjorde mit und ohne Gezeitengletscher („tidewater glacier“).

Auf zwei Schiffsexpeditionen konnte umfangreiches sonographisches, seismisches, sedimentologisches und ozeanographisches Datenmaterial gewonnen werden. Mit Hilfe dieses Materials galt es, einen möglichst umfassenden Überblick über die in Massentransporte involvierten Prozesse zu gewinnen, deren Interaktionen sowie ihre zeitliche und lokale Variabilität zu erfassen. Ein besonderes Augenmerk lag auf der Entwicklung der regionalen Vergletscherungsgeschichte.

Im einzelnen ergaben sich folgende Aufgabenstellungen:

1. Die Erfassung der Oberflächenstrukturen und der Verteilung der Sedimente des Fjordsystems mit Hilfe des Sidescan Sonars. Identifikation und Kartierung der Sedimentstrukturen und Identifikation der im Fjordsystem wirksamen Sedimenttransportprozesse
2. Seismische Erkundung des Sedimentkörpers der Fjorde mit Hilfe von flach- (Boomer und 3,5kHz-Sedimentecholot) und tiefenseismischen (Airgun) Methoden. Seismostratigraphische Interpretation der Entwicklung des Sedimentationsraumes sowie volumetrische Kalkulationen der postglazialen Sedimentmengen
3. Sedimentologische Bearbeitung von Sedimentkernen zur lithologischen Dokumentation der zeitlichen und räumlichen Veränderungen des Sedimentationsraumes. Identifikation der sonographischen und seismischen Einheiten („ground truthing“ der akustischen Aufzeichnungen)
4. Seismo- und lithostratigraphische Einordnung der Sedimente und seismischen Einheiten
5. Entwicklung einer regionalen Deglaziationsgeschichte
6. Erforschung der hydrographischen Verhältnisse des Fjordwasserkörpers mit Hilfe der systematischen Aufnahme von ozeanographischen Parametern (CTD- Messungen).

Während der laufenden Arbeiten bot sich die Möglichkeit der Auswertung des Luftbildfundus des Norwegischen Polarinstituts. Sie wurde vor dem Hintergrund einer möglichen Dokumentation von Gletscherfluktuationen und weiterführenden Hinweisen für die Interpretation der seismischen Untersuchungen gern aufgegriffen.

1.2. Stand der Forschung

Das Sedimentationsgeschehen in arktischen Fjorden wurde bereits in verschiedenen Studien aus der europäischen (Spitzbergen: ELVERHØI et al. 1980 und 1983) und amerikanischen (Alaska und Baffin-Inland: POWELL & MOLNIA 1978, GILBERT 1983, SYVITSKI & FARROW 1989) Arktis untersucht.

Die Vereisungsgeschichte Nordwest-Spitzbergens war Gegenstand vieler internationaler Untersuchungen im Rahmen des ESF- (European Science Foundation) PONAM (Polar North Atlantic Margins, 1990-1993) Projektes und der SPE-Projekte des Deutschen Arbeitskreises für Polargeographie (SPE'90-92). Besonders hervorzuheben sind die intensiven Untersuchungen

seitens des Norwegischen Polarinstituts (SALVIGSEN 1976, SALVIGSEN & NYDAL 1981, ELVERHØI et al. 1989 und 1992, SOLHEIM 1991).

Viele Arbeitsgruppen beschäftigten sich mit der Aufnahme der terrestrischen Verhältnisse (SALVIGSEN & NYDAL 1981); intensive marin-geologisch-geophysikalische und sedimentologische Untersuchungen der Fjorde Spitzbergens gehen auf ELVERHØI et al. (1980 und 1983) und SEXTON et al. (1992) zurück. Mit ihren Untersuchungen im Is- und Kongsfjord (vgl. Abb. 2.1.1.) schufen sie ein Fundament grundlegender Arbeits- und Interpretationsansätze und definierten regional typische, seismische Faziestypen. Detaillierte sonographisch-flachseismische und sedimentologische Untersuchungen vor fluktuierenden Gezeitengletschern führte SOLHEIM (1991) vor Nordaustlandet (Ost-Svalbard) durch. Er konnte über sedimentologisch-fazielle Untersuchungen am Kernmaterial und über ausgedehnte Profilfahrten genetisch-regionale Zuordnungen zu Surge-Ereignissen der Gezeitengletscher vornehmen.

SYVITSKI & BLAKENEY (1983), SYVITSKI (1984) und SYVITSKI & PRAEG (1987) unternahmen im Rahmen des SAFE-Projekts (Sedimentology of Arctic Fjords Experiment) Untersuchungen in Fjorden der kanadischen Arktis. Eine Vielzahl geologisch-glaziologischer, biologischer, ozeanographischer und physikalischer Parameter wurden über 4 Jahre hinweg gemessen.

ANDREWS (1990) und STEIN et al. (1993) beschrieben in Untersuchungen in Ostgrönland und der kanadischen Arktis die Einflüsse der Strömungssysteme des Europäischen Nordmeeres auf das Sedimentationsgeschehen im Fjordsystem. Eine wichtige Folgerung aus dem Fehlen von distalen Moränenzügen in Scoresby Sund ist das Phänomen des Aufschwimmens und der Sedimentation direkt aus dem aufschwimmenden Gezeitengletscher. REARIC et al. (1989) dokumentieren den starken Einfluß von Eisbergen auf das glaziomarine Sedimentationsgeschehen in der kanadischen Arktis. Sie konnten in einer fünfjährigen Untersuchung zeigen, daß ein Großteil des Transports und der Umlagerung von Sediment in ihrem Untersuchungsgebiet durch Eisberge bewirkt wird. In einigen Regionen mit Wassertiefen zwischen 5-18m werden etwa 6000m³ Sediment pro Quadratkilometer und Jahr von Eisbergen bewegt. DOWDESWELL & FORSBERG (1993) untersuchten das Kalbungsverhalten des Kongsvegen-Gletschers (Kongsfjord, vgl. Abb. 2.1.1.) und die Größenverteilung der gebildeten Eisberge sowie deren Abschmelzraten im Kongsfjord Nordwest-Spitzbergens. Sie konnten über den Untersuchungszeitraum hinweg große Schwankungen in der Eisbergbildungsrate und in den durchschnittlichen Größen der Eisberge feststellen. Intensive sonographische Untersuchungen des Fjordbodens mit dem Sidescan Sonar ergaben maximale Tiefen von Eisbergpflugmarken und damit maximale Keltiefen der Eisberge von 40m. Ein wesentliches

Ergebnis dieser Studie war, daß im Untersuchungszeitraum keiner der Eisberge die Fjordmündung erreichte und alles ein- und angefrorene Sediment innerhalb der ersten 10-30km vor der Gletscherfront sedimentiert wurde. Als Größenordnung der beobachteten Abschmelzraten wurde für einen Eisberg mit 30m Durchmesser eine maximale Überlebenszeit von etwa einem Monat angegeben.

Terrestrische glaziologisch-geomorphologische Basisarbeiten aus dem Bereich der Nordwestküste Spitzbergens (Arbeitsgebiet der SPE'90-'92: Germaniahögda, Wood-, Liefde- und Bockfjordregion) wurden durch die SPE-Expeditionen des Deutschen Arbeitskreises für Polargeographie in einer dreijährigen Geländekampagne (vgl. FURRER et al. 1991) untersucht. Die Auswertung des biologisch-meteorologischen und geologisch-geomorphologisch-hydrographischen Beobachtungsmaterials dauert noch an. Eine Darstellung der bisherigen Erkenntnisse über die Vereisungsgeschichte des Arbeitsgebiets findet sich im Kapitel 2.2.4.

Für die stratigraphische Einordnung weiterführender seismischer Untersuchungen auf dem, dem Fjordsystem vorgelagerten, Schelf sind die Untersuchungen, die im Rahmen des ODP-Projekts (Ocean Drilling Programm) durchgeführt wurden von großer Bedeutung. Die Entwicklungsgeschichte der Framstraße und der Region nordwestlich Spitzbergens war bis zur Durchführung der ODP Leg 151, Sites 907-913 „North Atlantic Gateways“ (MYHRE, THIEDE, FIRTH et al. 1995) nur aus seismostratigraphischen und wenigen sedimentologischen Untersuchungen bekannt. Zeitlich hochauflösende und weit zurückreichende Untersuchungen lagen nicht vor. Mit dem Durchteufen $\geq 200\text{m}$ mächtiger Sedimentsequenzen konnten bis in das frühe Tertiär hineinreichende Sedimente erbohrt werden, die eine wechselvolle Geschichte zwischen hemipelagischen und glaziomarinen Sedimentationsmilieus dokumentieren.

1.3. Die Spitzbergen-Expeditionen

Das in Rahmen dieser Dissertation bearbeitete Datenmaterial konnte während zweier Expeditionen nach Nordwest-Spitzbergen gewonnen werden.

Spitzbergen-Expedition des Deutschen Arbeitskreises für Polargeographie 1992

In den Sommermonaten der Jahre 1990-1992 fanden im Wood- und Liefdefjordareal Nordwest-Spitzbergens die SPE-Expeditionen (SPitzbergen-Expeditionen) des Deutschen Arbeitskreises für Polargeographie statt (BLÜMEL et al. 1994). Während der drei Sommerexpeditionen lag der Untersuchungsschwerpunkt auf den terrestrischen Disziplinen. Bis zur Durchführung der ersten marin-geologisch-geophysikalischen Untersuchungen im Zuge der Schiffsexpedition (RV FREDERIKSTAD) des Jahres 1992 (SPE'92) waren die Fjorde selbst eine „Terra Incognita“. Während der fünfwöchigen Expedition erfolgte eine intensive

seismische und sonographische Untersuchung des Fjordsystems mit Hilfe eines Boomers, eines 3,5kHz-Sedimentecholots und eines Sidescan Sonars. Des weiteren wurde eine engräumige Beprobung der Oberflächensedimente mit Hilfe eines Backgreifers sowie die Beprobung ausgewählter Positionen mit Hilfe eines Kolbenlots vorgenommen. Insgesamt konnten 547km seismische und sonographische Profile gefahren sowie 38m Sedimentkerne genommen werden. RV FREDERIKSTAD ist ein ehemaliger, für die SPE'92-Expedition gecharterter, Seenotrettungskreuzer aus Privatbesitz. Erste Ergebnisse wurden bei KROEMER et al. (1994) und SCHACHT & WERNER (1995) veröffentlicht.

Die Spitzbergen-Expedition des Norwegischen Polarinstituts 1994

Die Spitzbergenexpedition des Norwegischen Polarinstituts 1994 (NP'94) wurde im Zeitraum vom 27.07. bis zum 01.09.1994 mit dem norwegischen Forschungsschiff RV LANCE durchgeführt. Das wissenschaftliche Ziel der NP'94 war die Erforschung der spät-känozoischen Entwicklung der Fjorde, des Kontinentalschelfs und -hangs von Nordwest-Spitzbergen mit Hilfe von hochauflösenden sedimentologischen, seismischen und sonographischen Methoden (Airgun, 3.5kHz-Sedimentecholot und Sidescan Sonar). Als ein wissenschaftliches Teilprogramm dieser Expedition fand eine erneute und erweiterte Erkundung des Wood- und Liefdefjordareals statt.

Zu den flachseismischen Methoden der SPE'92-Expedition kamen nun tiefenseismische Vermessungen mit einer Airgun, die Aufnahme der ozeanographischen Verhältnisse des Fjordwasserkörpers (CTD-Messungen) und die Beprobung der Sedimente (SEL-Corer, Schwerelot und Großkastengreifer) hinzu. Während der NP'94 konnten insgesamt 210km akustischer Profile (Sidescan Sonar, Airgun und 3,5kHz-Sedimentecholot) gefahren sowie 28m Sedimentkerne gewonnen und 13 CTD-Stationen durchgeführt werden. Erste Ergebnisse der Expedition wurden bei SCHACHT (1996) veröffentlicht.

RV LANCE ist das Forschungsschiff des Norwegischen Polarinstituts (Norsk Polarinstitutt, Oslo) im Besitz des Norwegischen Seevermessungsamts (Norges Sjøkartverk, Oslo).

2. Arbeitsgebiet

2.1. Spitzbergen

Das Arbeitsgebiet liegt an der Nordküste von Spitzbergen (vgl. Abb. 2.1.1.), der Hauptinsel des Svalbard Archipels. Svalbard stellt die nördlichste Landmasse an der Ostseite der Norwegisch- Grönländischen See dar und erstreckt sich zwischen 75 - 84° Nord und 10 - 35° Ost. Ca. 60 % der Gesamtfläche Spitzbergens (62.700km²) sind permanent vergletschert; etwa 20% der Küstenlinie werden von Gletschern gebildet, die als Gezeitengletscher („tidewater glacier“) in den Tidalbereich der Fjorde münden (DOWDESWELL & CROMACK 1991). Der Permafrost erreicht Tiefen bis zu 300m (HISDAL 1985).

Mittelwerte meteorologisch-hydrographischer Langzeitmessungen bei Isfjord Radio (78,1° Nord, 13,6° Ost, vgl. Abb. 2.1.1.) ergaben für derart hohe geographische Breiten ein stark gemäßigtes, vergleichsweise mildes Klima (HISDAL 1985). Dies steht in direktem Zusammenhang mit dem Norwegenstrom, der als Verlängerung des Golfstroms warme atlantische Wassermassen in den Bereich der Framstraße bringt (KELLOGG 1975). Im Bereich des norwegischen Nordkaps teilt sich der Norwegenstrom in einen Arm, der als Nordkap-Strom in die Barents-See fließt, und in einen Arm, der als West-Spitzbergenstrom entlang der Westküste Spitzbergens verläuft (Abb. 2.1.2.).

2.2. Wood- und Liefdefjordsystem

Das Arbeitsgebiet beider Expeditionen war das Wood- und Liefdefjordsystem. Es befindet sich in Nordwest-Spitzbergen zwischen 79°15' - 80°05' Nord und 12° - 15° Ost (Abb. 2.1.1. und 2.2.1.). Es umfaßt eine Gesamtfläche von 2700km² und ist zu ca. 42% vergletschert (HAGEN et al. 1993). Das Gebiet ist durch die parallele Anordnung von 3 Fjorden mit und ohne Gezeitengletscher gekennzeichnet.

Im Arbeitsgebiet können insgesamt vier Küstenformen unterschieden werden. Dies sind Kliffs aus Locker- und Festgestein, Eiskliffs der Gezeitengletscher mit Höhen von ≥ 50 m, Ausgleichküsten mit Nehrungs- und Lagunenbildungen sowie supra- und intratidale Schwemmfächer (Sanderwatten; STÄBLEIN & HOCHSCHILD 1994). Die jeweiligen Typuslokalitäten zeigt die Abbildung 2.2.1.

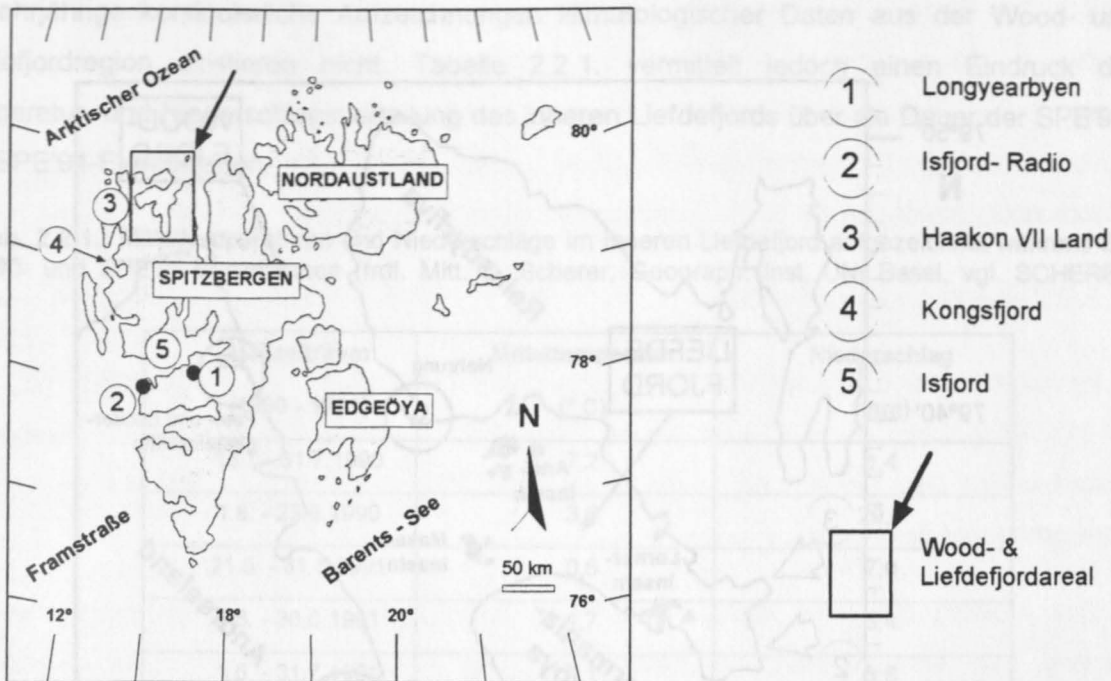


Abb. 2.1.1.: Übersichtskarte Svalbard

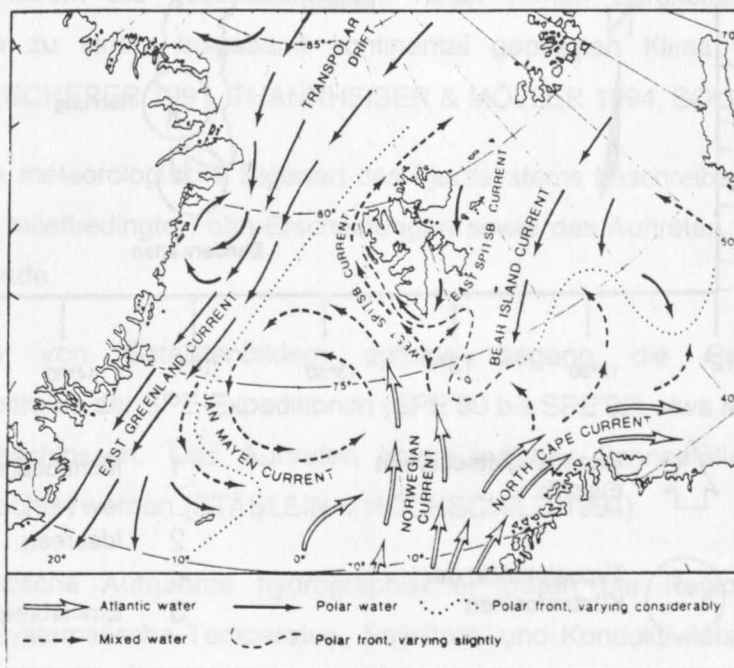


Abb. 2.1.2.: Strömungssysteme im Bereich der Framstraße (aus HISSDAL 1985).

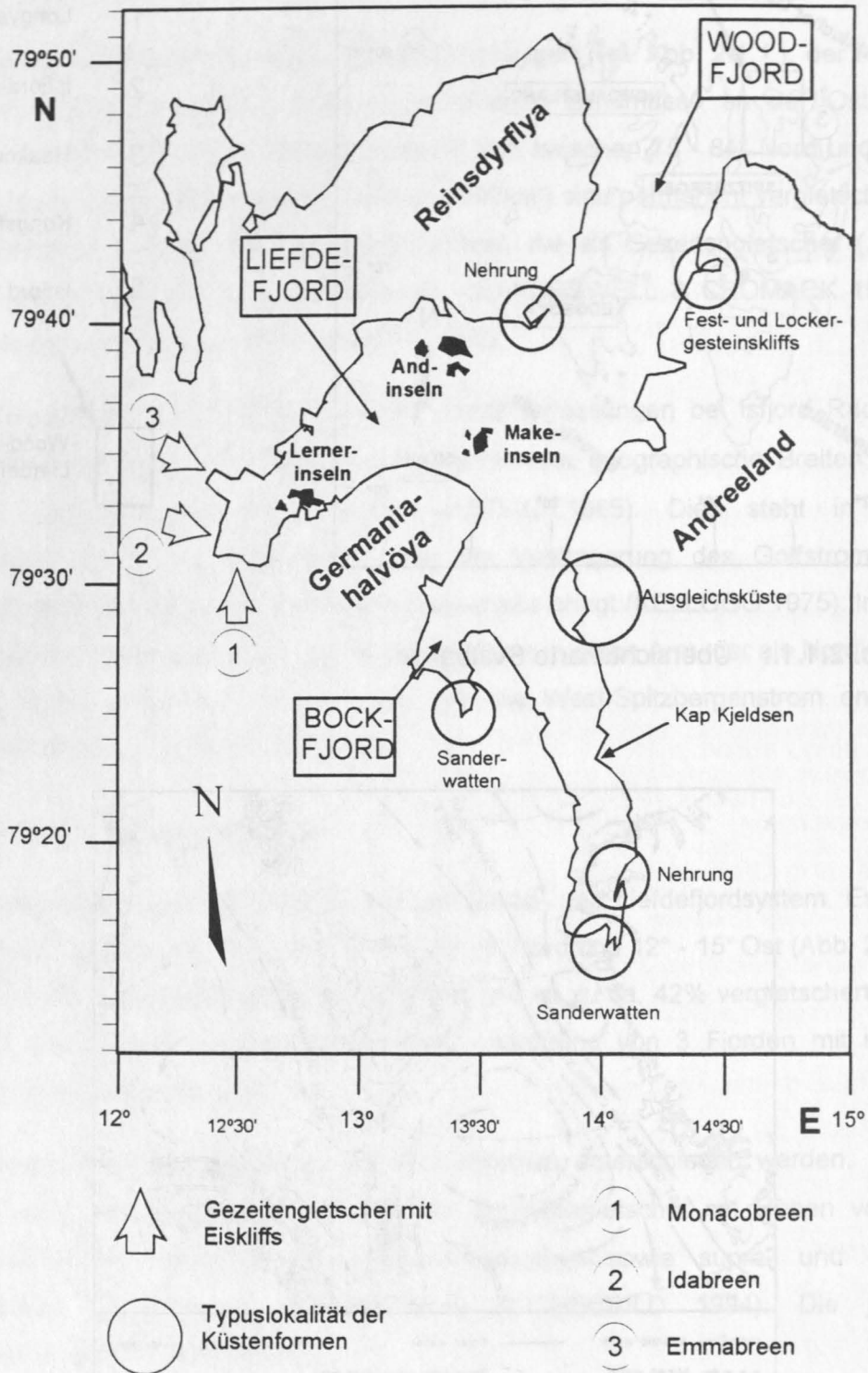


Abb. 2.2.1.: Geographie des Arbeitsgebietes.

2.2.1. Meteorologie und Hydrographie

Mehrjährige kontinuierliche Aufzeichnungen klimatologischer Daten aus der Wood- und Liefdefjordregion existieren nicht. Tabelle 2.2.1. vermittelt jedoch einen Eindruck der Temperatur- und Niederschlagsverteilung des inneren Liefdefjords über die Dauer der SPE'90- und SPE'91-Expeditionen.

Tab. 2.2.1.: Mitteltemperaturen und Niederschläge im inneren Liefdefjord aufgezeichnet während der SPE'90- und SPE'91-Expeditionen (frdl. Mitt. D. Scherer, Geograph. Inst, UNI Basel, vgl. SCHERER 1991).

Meßzeitraum (1990 - 1991)	Mitteltemperatur (° C)	Niederschlag (mm)
13.7. - 31.7.1990	7,2	1,4
1.8. - 23.8.1990	3,6	29,4
21.5. - 31.5.1991	0,6	7,0
1.6. - 30.6.1991	1,7	5,4
1.6. - 31.7.1991	4,1	5,6
1.8. - 14.8.1991	6,3	0,0

Verantwortlich für das moderate Klima im Fjordsystem ist neben dem wärmebringenden West-Spitzbergenstrom die geschützte Lage hinter hohen Bergketten im Westen und Nordwesten, die zu einem insgesamt kontinental geprägten Klima mit Niederschlägen $\leq 200\text{mm/a}$ führt (SCHERER 1991, THANNHEISER & MÖLLER 1994, SOLLID et al. 1994).

Als besondere meteorologische Eigenart des Fjordsystems beschreiben THANNHEISER & MÖLLER (1994) reliefbedingte Föhn-Erscheinungen sowie das Auftreten richtungskonstanter, fjordparalleler Winde.

Auswertungen von Satellitenbildern zufolge begann die Schneeschmelze im Untersuchungszeitraum der SPE-Expeditionen (SPE'90 bis SPE'92) etwa Mitte Mai und war bis Ende Juni abgeschlossen. Das Auftreten kontinuierlicher Schneefälle konnte ab Mitte September beobachtet werden (STÄBLEIN & HOCHSCHILD 1994).

Eine systematische Aufnahme hydrographischer Daten der Region existierte bisher ebenfalls nicht. Systematische Temperatur-, Salinitäts- und Konduktivitätsmessungen wurden während der NP'94 (SCHACHT 1994) durchgeführt. Hierbei konnte erstmals der Nachweis des Einflusses des West-Spitzbergenstroms auf das Fjordsystem erbracht werden (vgl. Kapitel 4.2.).

Untersuchungen von KING & KNIES (1994) zum Aufbau und Zerfall der Fjordeisdecke ergaben, daß die Fjorde im Untersuchungszeitraum 1990 - 1992 nur rund 4 ½ Monate eisfrei waren. Der Beginn der Fjordeisbildung fällt in die erste Novemberhälfte, der Beginn des Zerfalls in die zweite Maihälfte. Bei dem Fjordeis handelte es sich um eine einjährige Festeisdecke, deren ebene Oberfläche zu ca. 90% schneefrei war. Die Mächtigkeit des Eises variierte zwischen durchschnittlich 55cm und 75cm. Der mittlere Tidehub im Untersuchungszeitraum der SPE-Expeditionen betrug im Woodfjord 70-90cm.

2.2.2. Geologischer Überblick

Im Rahmen der SPE-Expeditionen erfolgte durch THIEDIG & PIEPJOHN (1991), MÖLLER (1991), PIEPJOHN et al. (1992) sowie PIEPJOHN & THIEDIG (1994) eine geologische Neuaufnahme des Wood- und Liefdefjordgebiets. Abbildung 2.2.2.a. zeigt die geologische Übersichtskarte der Region.

Das Arbeitsgebiet kann stratigraphisch und lithologisch in zwei Groseinheiten unterteilt werden. Die erste umfaßt die Formationen des kaledonischen und präkaledonischen Grundgebirges (Hecla Hoek), die vorwiegend im westlichen Arbeitsgebiet anstehen. Die zweite Groseinheit wird von den Sedimentgesteinen der unterdevonischen Wood Bay- und Red Bay-Formationen gebildet (HJELLE 1979). Das Hecla Hoek besteht aus unterschiedlich stark metamorph überprägten paläozoischen Gesteinen. Es finden sich Glimmerschiefer, Migmatite, Gneise und Marmore. Die zur Metamorphose führenden Prozesse werden der kaledonischen Orogenese zugerechnet (GJELSVIK 1979). Die Sedimentgesteine der Wood Bay-Formation bestehen aus roten Feinsand-, Ton- und Siltsteinen. Sie sind im Arbeitsgebiet am weitesten verbreitet. Das Auftreten der aus mittel- bis feinkörnigen Sandsteinen und verschiedenen Konglomeraten bestehenden Red Bay-Formation ist auf den inneren Liefdefjord (PIEPJOHN & THIEDIG 1994, vgl. Abb. 2.2.2.a.) beschränkt. Neben den anstehenden Gesteinen findet sich nahezu überall eine Deckschicht aus glazial/periglazialen und glaziofluvialen sowie z.T. marinen Sedimenten (PIEPJOHN & THIEDIG 1994).

Das Wood- und Liefdefjordgebiet liegt an der westlichen Schulter des NNW - SSE streichenden und bis zu 70km breiten devonischen Grabenbruchsystems Spitzbergens (FRIEND & MOODY-STUART 1972) (vgl. Abb. 2.2.2.a. und b.). Dieses erstreckt sich von der Nordküste Spitzbergens bis in den Bereich des nördlichen Isfjords (Abb. 2.2.3.b.) und ist mit bis zu 8000m mächtigen, devonischen „Old Red“- Sedimenten (MURASCOV & MOKIN 1979, PIEPJOHN & THIEDIG 1994) verfüllt. Die Entwicklung des Grabensystems begann gegen Ende der kaledonischen Orogenese im Obersilur (?)/Unterdevon mit der initialen

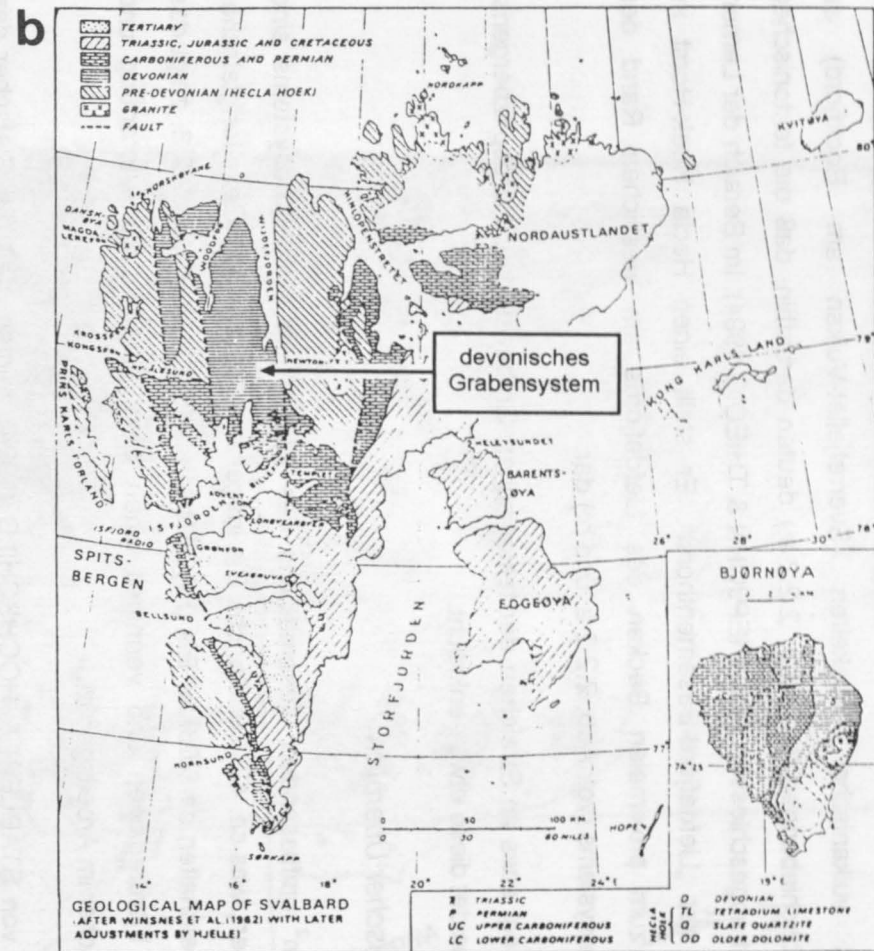
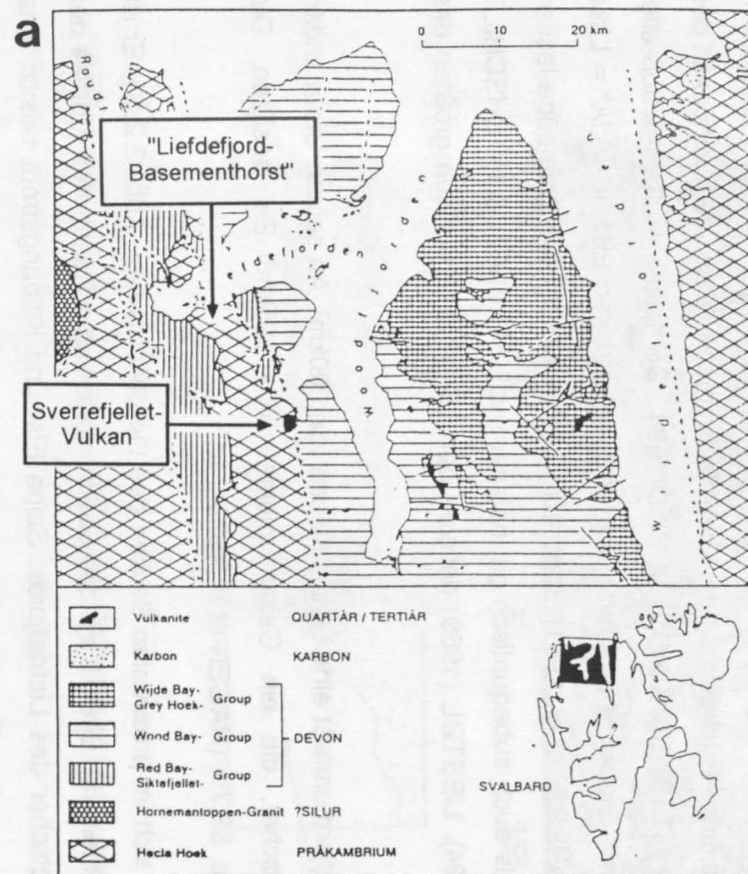


Abb. 2.2.2.: a. geologische Übersichtskarte des Arbeitsgebietes (aus PIEPJOHN & THIEDIK 1991),
b. geologische Übersichtskarte von Svalbard (nach WINSNESS et al. 1962)

Anlage der Störungen (MURASCOV & MOKIN 1979, PIEPJOHN & THIEDIG 1994). Subsidente Bewegungen und vulkanische Tätigkeiten (Sverrefjellet-Vulkan am Bockfjord) an grabenparallelen Abschiebungen (vgl. Abb. 2.2.2.a.) deuten daraufhin, daß die tektonischen Prozesse noch nicht abgeschlossen sind (PIEPJOHN & THIEDIG 1994). Im Bereich der Lerner-Inseln findet sich der „Liefdefjord-Basementhorst“. Er stellt einen Hecla Hoek-Horst im Übergangsbereich zum proximalen Becken des Liefdefjords am westlichen Rand des devonischen Grabensystems (vgl. Abb. 2.2.2.a. und b.) dar.

Der Woodfjord liegt etwa im Streichen der tektonischen Grabenstruktur Nordspitzbergens, der Liefdefjord schneidet diese etwa senkrecht.

2.2.3. Glaziologischer Überblick

Von der 2701km² umfassenden Gesamtfläche des Wood- und Liefdefjordsystems sind 1228km² vergletschert, was ca. 42% entspricht. Die insgesamt 142 Tal- und Gezeitengletscher des Fjordsystems beinhalten ca. 203km³ Eis (HAGEN et al. 1993). Abbildung 2.2.3. zeigt das Einzugsgebiet der Fjordregionen und vermittelt einen Eindruck über die Anordnung und Verteilung der Gletscher im Arbeitsgebiet.

Untersuchungen von STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1994) zeigten, daß die Gletscher des Arbeitsgebiets einen insgesamt negativen Massenhaushalt aufweisen. Im Zeitraum von 1938-1990 konnten sie einen generellen Rückzug der Gletscher des Fjordsystems dokumentierten, dessen Flächenanteil mit ca. 1% insgesamt sehr gering ist. Messungen auf den Gletschern ergaben, daß sich anstelle eines Rückganges der Gletscherfronten oftmals die Mächtigkeit des Eises erheblich reduzierte (STÄBLEIN & HOCHSCHILD 1994). Der letzte, große Vorstoß aller im Arbeitsgebiet befindlicher Gletscher fand während der sog. „Kleinen Eiszeit“ („LIA“ = Little Ice Age; ca. 1650 - 1850 (NESJE et al. 1991)) statt. Die entsprechenden Moränenzüge lassen sich sowohl terrestrisch als auch subaquatisch gut belegen (vgl. STÄBLEIN & HOCHSCHILD 1994, BARSCH et al. 1994). LIESTØL (1969) definiert den LIA-Vorstoß als den größten des gesamten Holozäns.

Liefdefjord: Der Liefdefjord umfaßt eine Gesamtfläche von 900km². An seinen Ufern finden sich insgesamt 23 Gletscher, die ein Gesamtvolumen von 105km³ Eis besitzen. Die Vergletscherung beträgt ca. 59,7% (HAGEN et al. 1993).

Monacobreen befindet sich im proximalen Becken des Liefdefjords (vgl. Abb. 2.2.1.). Er ist in Bezug auf Fläche, Volumen und Einfluß auf das Sedimentationsgeschehen des Fjordes der dominierende Gezeitengletscher des Liefdefjords. Seine Eis- und Kalbungsfront besitzt eine Breite von 5 - 7km, sein Eiskliff eine Höhe von 40 - 70m. Bei einer

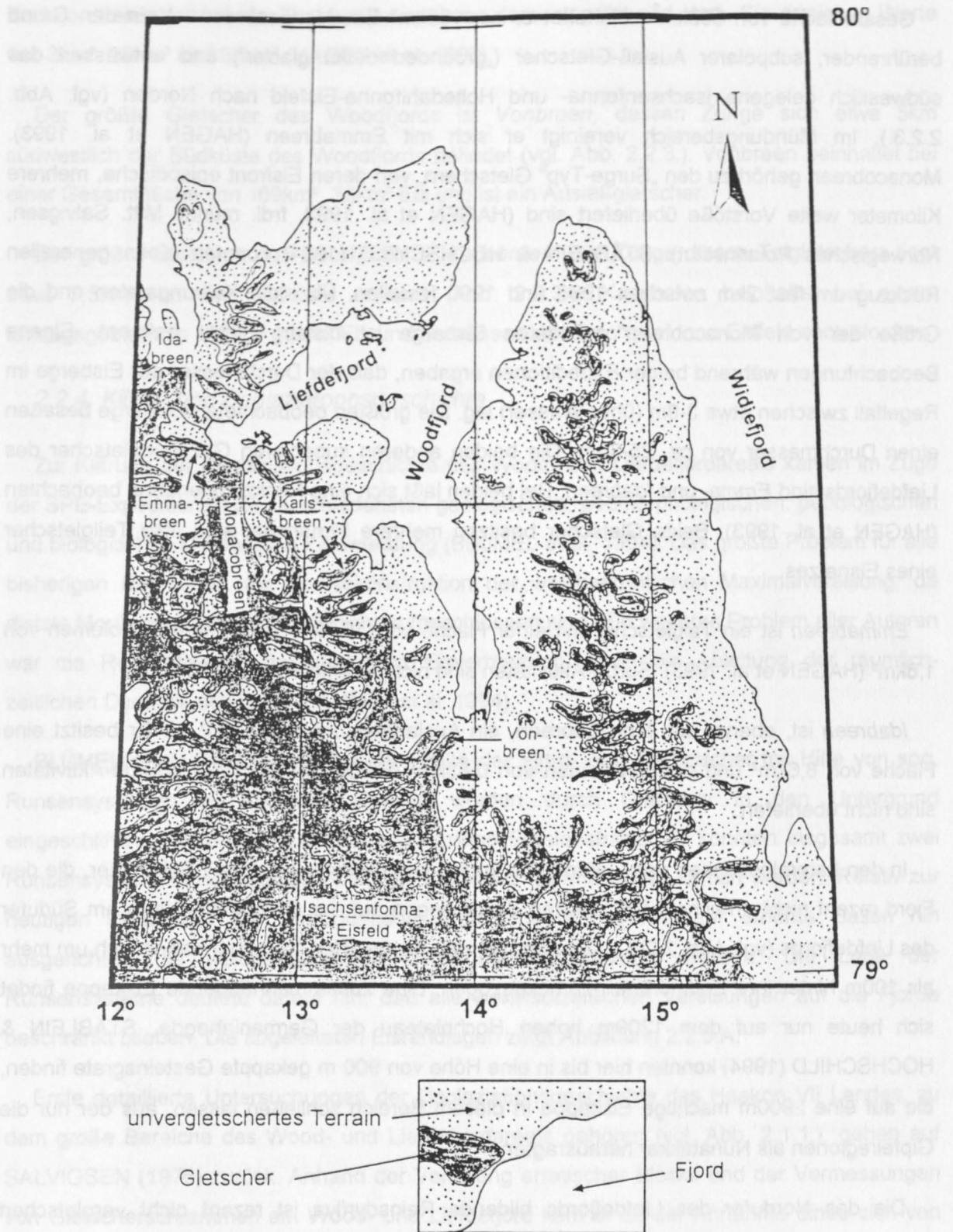


Abb. 2.2.3.: Verteilung der Gletscher im Arbeitsgebiet (mod. aus HAGEN et al. 1993)

Gesamtfläche von 538km^2 beinhaltet er ca. 105km^3 Eis. Monacobreen ist ein den Grund berührender, subpolarer Auslaß-Gletscher („grounded outlet glacier“) und entwässert das südwestlich gelegene Isachsenfonna- und Høltedahlfonna-Eisfeld nach Norden (vgl. Abb. 2.2.3.). Im Mündungsbereich vereinigt er sich mit Emmabreen (HAGEN et al. 1993). Monacobreen gehört zu den „Surge-Typ“ Gletschern, von deren Eisfront episodische, mehrere Kilometer weite Vorstöße überliefert sind (HAGEN et al. 1993, frdl. mündl. Mitt. Salvigsen, Norwegisches Polarinstitut). STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1994) konnten einen generellen Rückzug um fast 2km zwischen 1966 und 1990 feststellen. Über die Kalbungsraten und die Größe der von Monacobreen gebildeten Eisberge ist bislang nichts bekannt. Eigene Beobachtungen während beider Expeditionen ergaben, daß der Durchmesser der Eisberge im Regelfall zwischen etwa 3-8m (über Wasser) lag. Die größten beobachteten Eisberge besaßen einen Durchmesser von ca. 25-30m. Die beiden anderen subpolaren Gezeitengletscher des Liefdefjords sind *Emma-* und *Idabreen*. Bei beiden läßt sich eine Rückzugstendenz beobachten (HAGEN et al. 1993). Beide Gletscher besitzen mehrere Firnareale, sind also Teilgletscher eines Eisnetzes.

Emmabreen ist ein Talgletscher mit einer Fläche von $15,7\text{km}^2$ und einem Eisvolumen von $1,8\text{km}^3$ (HAGEN et al. 1993). Surge-Aktivitäten sind nicht überliefert.

Idabreen ist, ebenso wie Monacobreen, ein Auslaßgletscher (Abb. 2.2.3.). Er besitzt eine Fläche von $8,6\text{km}^2$ und ein Eisvolumen von $0,83\text{km}^3$ (HAGEN et al. 1993). Surge-Aktivitäten sind nicht überliefert.

In den Lateralbereichen des Liefdefjords finden sich mehrere kleinere Talgletscher, die den Fjord rezent nicht erreichen. Die meisten davon liegen auf der Germaniahelvøya am Südufer des Liefdefjords (vgl. Abb. 2.2.3.). Die nach Norden exponierten Gletscher haben sich um mehr als 100m hinter ihre Endmoränen zurückgezogen. Eine zusammenhängende Eiskappe findet sich heute nur auf dem 1209m hohen Hochplateau der Germaniahøgda. STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1994) konnten hier bis in eine Höhe von 900 m gekappte Gesteinsgrate finden, die auf eine $\geq 900\text{m}$ mächtige Eiskappe in diesem Bereich schließen lassen, aus der nur die Gipfelregionen als Nunatakke herausragten.

Die das Nordufer des Liefdefjords bildende Reinsdyrflya ist rezent nicht vergletschert (HAGEN et al. 1993).

Wood- und Bockfjord: Das charakteristische glaziologische Merkmal der Wood- und Bockfjordregion ist das Auftreten einer Vielzahl von Talgletschern, die rezent den Fjord nicht erreichen. Die Gesamtzahl der Gletscher beträgt 119. Der Grad der Vergletscherung schwankt zwischen 18,8% im nordwestlichen Andreeland, 39,4% im inneren Woodfjord und 48,7% im

Bockfjordbereich. Auch die Eisvolumina variieren dementsprechend stark. Sie erreichen Werte von 3km³, 29km³ und 66km³ (HAGEN et al. 1993).

Der größte Gletscher des Woodfjords ist *Vonbreen*, dessen Zunge sich etwa 5km südwestlich der Südküste des Woodfjords befindet (vgl. Abb. 2.2.3.). Vonbreen beinhaltet bei einer Gesamtfläche von 169km² 33km³ Eis und ist ein Auslaßgletscher.

Der größte Gletscher des Bockfjords ist *Karlsbreen*. Die Zunge dieses Talgletschers liegt etwa 7,5km von der Südküste entfernt (Abb. 2.2.3.). Karlsbreen beinhaltet bei einem Einzugsgebiet von 104km² 12km³ Eis und entwässert das Isachsenfonna-Eisfeld nach Norden.

2.2.4. Klima- und Deglaziationsgeschichte

Zur Klärung der Deglaziationsgeschichte des Wood- und Liefdefjordareals kamen im Zuge der SPE-Expeditionen die verschiedensten geologischen, geomorphologischen, pedologischen und biologischen Methoden zur Anwendung (BLÜMEL et al. 1994). Das größte Problem für alle bisherigen Bearbeiter war die Rekonstruktion der weichselzeitlichen Maximalvereisung, da distale Moränenzüge terrestrisch nicht aufgeschlossen sind. Ein weiteres Problem aller Autoren war die Rekonstruktion der konkreten Eisverbreitung sowie die Ableitung der räumlich-zeitlichen Dynamik des Eises (BLÜMEL et al. 1994).

BLÜMEL et al. (1994) versuchte die Größe der Fjord- und Talgletscher mit Hilfe von sog. Runsensystemen zu kartieren. Runsen werden durch Gletscher in den Untergrund eingeschliffen und repräsentieren ihre ehemalige Erosionsbasis. Es konnten insgesamt zwei Runsensysteme in Höhenlagen zwischen 100m und 150m über NN kartiert werden. Relativ zur heutigen Höhenlage der Abtragungsbasis sind beide Systeme auf erhöhte Basen hin ausgerichtet, die weichselzeitlichen Vereisungen zugeordnet werden. Die Lage der Runsensysteme deutete darauf hin, daß alle weichselzeitlichen Vereisungen auf die Fjorde beschränkt blieben. Die abgeleiteten Eisrandlagen zeigt Abbildung 2.2.5.A.

Erste detaillierte Untersuchungen der Deglaziationsgeschichte des Haakon VII Landes, zu dem große Bereiche des Wood- und Liefdefjordareals gehören (vgl. Abb. 2.1.1.), gehen auf SALVIGSEN (1976) zurück. Anhand der Verteilung erratischer Blöcke und der Vermessungen von Gletscherschrammen am Wood- und Liefdefjord kam er zu der Annahme eines sich von Osten nach Westen verlagernden Vereisungszentrums seit der mittleren Weichselzeit (ca. 60 ka). Die Ableitung von Aufstiegsraten aus der Vermessung und Datierung gehobener Strandwälle der Region unterstützt diese These. Die beobachtete starke Asymmetrie isostatischer Aufstiegsraten (im Nordosten größer als im Westen) impliziert entweder einen Rückzug der Gletscher von Nordosten nach Westen (SALVIGSEN & ÖSTERHOLM 1982) oder

aber von vorn herein unterschiedliche Eismächtigkeiten. Hinweise auf eine „warme“ Jüngere Dryas im Bereich der Nordküste Spitzbergens konnten erstmals SALVIGSEN & ÖSTERHOLM (1982) mit Funden von *Mytilus edulis* erbringen. Funde dieser warmadaptierten Molluskenart in gehobenen Strandwällen konnten auf 9,4 bis 11ka datiert werden.

Während der SPE'90-Expedition wurden von FURRER et al. (1991) Bodenprofile an verschiedenen Lokalitäten des Liefdefjords untersucht. Ziel der Untersuchungen war es, anhand fossiler Bodenbildungshorizonte eine möglichst detaillierte Deglaziationsgeschichte für den Liefdefjord zu erarbeiten. Die Bodenproben wurden pollenanalytisch untersucht und ihnen mit Hilfe von ^{14}C Datierungen absolute Alter zugeordnet. Durch diese Arbeiten konnten insgesamt sieben Gletschervorstöße des Monacobreen Gletschers für das Holozän nachgewiesen werden (vgl. Abb. 2.2.4.). STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1992) führten eine Kartierung der terrestrisch aufgeschlossenen Moränen im Germaniahavet-Gebiet durch. Die Geländebefunde werden in Abbildung 2.2.5.B. dargestellt. Eine Zusammenfassung der quartären Klima- und Gletschergeschichte Nordwest-Spitzbergens sowie die vermutete zeitliche Zuordnung der Geländebefunde zeigt Tabelle 2.2.2.

Tab. 2.2.2.: Zusammenfassung der Klima- und Gletscherentwicklung Nordwestspitzbergens sowie die vermutete stratigraphische Stellung der regionalen Eisrandlagen im weiteren Bereich der Germaniahavet (mod. nach STÄBLEIN & HOCHSCHILD 1992). Die Buchstaben in Klammern beziehen sich auf die in Abbildung 2.2.5.B. benutzten Bezeichnungen der Moränen.

Geländebefund	Alter (ka)	Vermutete stratigraphische Stellung
Kliffbildungen, Ende der isostatischen Hebung		rezent
Moränen	1,8 - 1,6	Mittelalter / Neuzeit („Little Ice Age“): (k) „Wiederø-“, (l) „Wathelieøya-“, (m) „Erik-“, (n) „Adolf - Stadium“
? Vorstöße, keine Moränen	3 - 2,5	Atlantikum
„jüngere“ marine Terrassen (bis 30 m über NN)	10 - 3	„Postglazial“
Moränen	26 - 10	Spät- Würm II
Moränen	43 - 26	Mittleres Würm; (e) „Noessöpynten -“, (f) „Sjövern-“, (g) „Camp-“, (h) „Kjeldsen-Stadium“
Transgressionssedimente, marine Terrassen	50 - 43	„Mittel-Würm Interstadial“
Moränen	116 - 50	Unteres Würm (i) „Lerner-Stadium“, (j) „Sverre-Stadium“
Transgressionssedimente	125-116	Eem (?)
Moränen	180-125	Mindel/Riss (?)

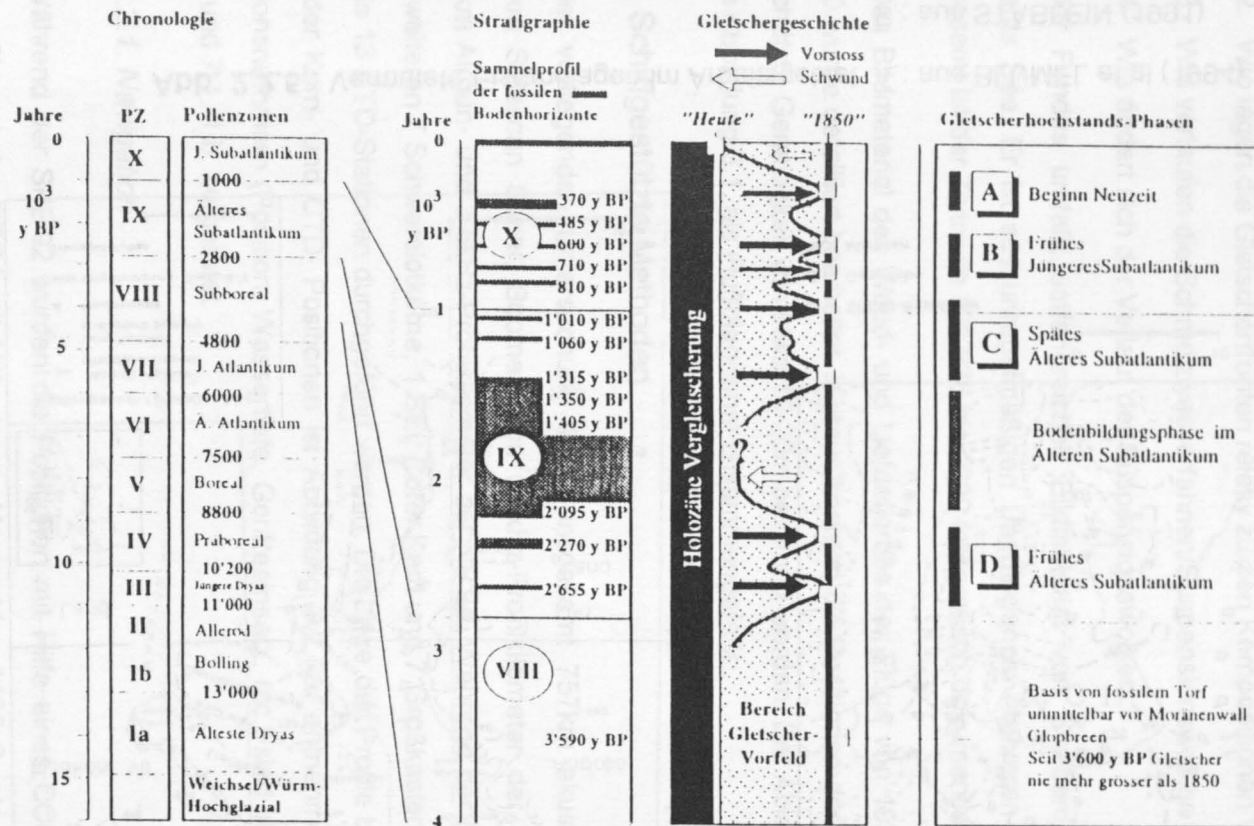
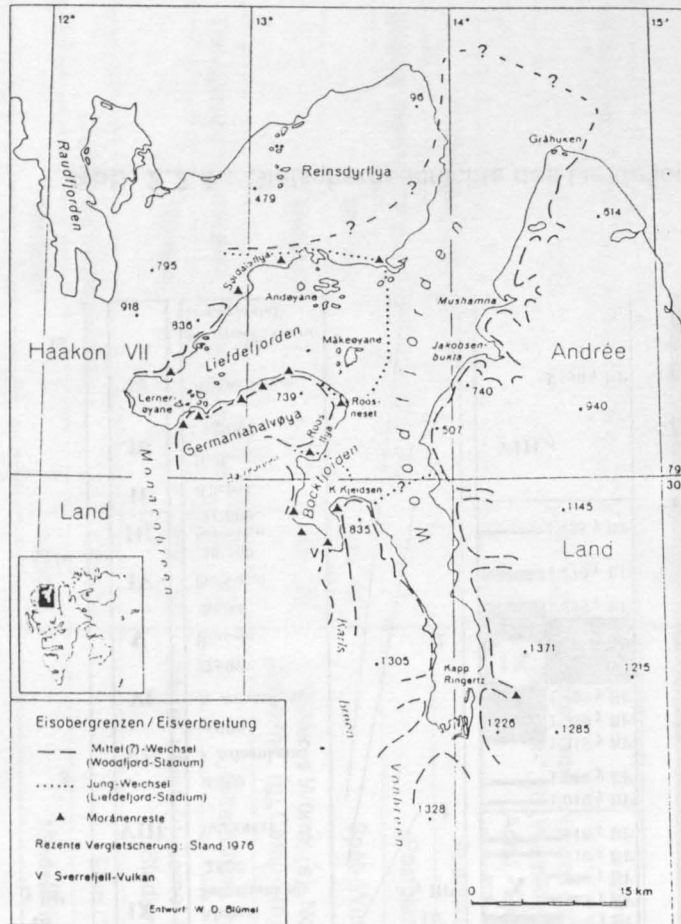


Abb. 2.2.4.: Gletschergeschichte des Liefdefjords; aus FURRER et al. (1991)

A



B

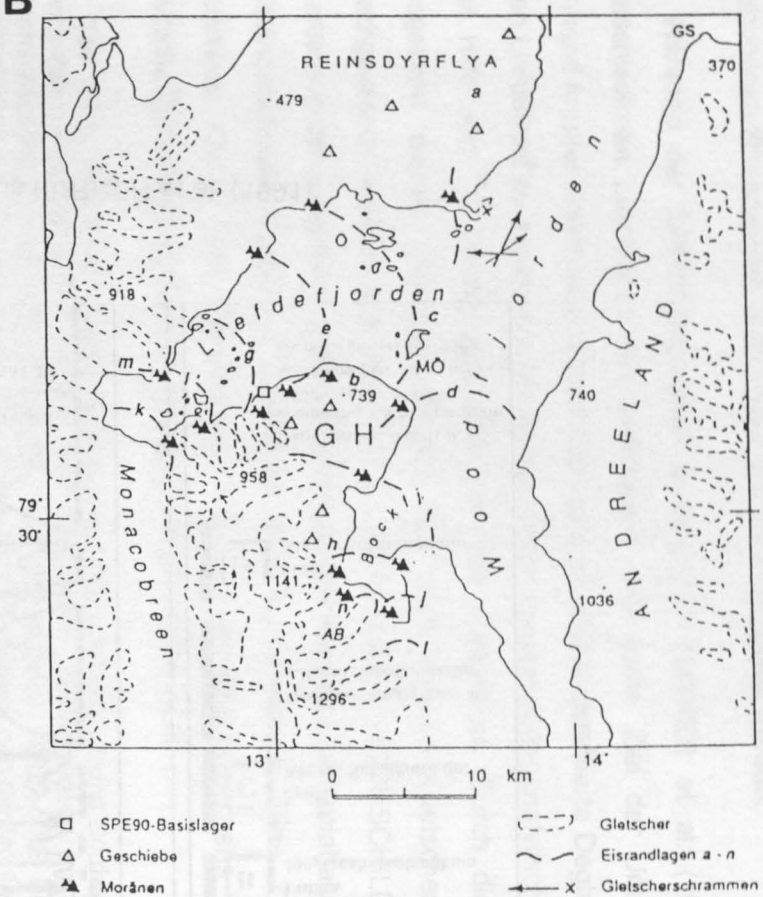


Abb. 2.2.5.: Vermutete Eisrandlagen im Arbeitsgebiet: A.: aus BLÜMEL et al (1994)

B.: aus STÄBLEIN (1991)

3. Methodik

3.1. Luftbildauswertung

In Kooperation mit dem Norwegischen Polarinstitut wurde der Luftbildbestand des Instituts in Hinblick auf folgende Fragen systematisch gesichtet und ausgewertet:

1. Sind Fluktuationen der Gletscherfronten dokumentiert ?
2. Wie lagen die Gletscherfronten relativ zu den Kernpositionen ?
3. Wie verlaufen die Schmelzwasserfahnen/Suspensionswolken ?
4. Wie ändert sich der Verlauf der Suspensionswolken ?

Der Fundus umfaßt umfangreiches Bildmaterial von Svalbard und der angrenzenden Barents See. Er ist aus unregelmäßigen Überflügen in mehreren Jahrzehnten entstanden. Insgesamt ist der Zeitraum 1937/38 bis 1990 fotografisch dokumentiert.

Das Bildmaterial des Wood- und Liefdefjordes der Flüge von 1937/1938, 1966, 1970 und 1990 wurde detailliert bearbeitet. Hieraus konnten die Positionen der Gletscherfronten auf eine geschätzte Genauigkeit von etwa 10-20m bestimmt werden. Der Ablauf der Luftbildauswertung ist in Abbildung 3.1. als Flußdiagramm zusammengefaßt.

3.2. Schiffgestützte Methoden

Der vorliegenden Untersuchung liegen insgesamt 757km akustischer Profile zugrunde, 547km Sidescan Sonar, Boomer- und 3,5kHz-Profilkilometer der SPE'92-Expedition sowie 210km Airgun- und 3,5kHz-Profilkilometer der NP'94. Während der NP'94-Expedition konnten des weiteren 7 Schwerelotkerne, 1 SEL Corer Kern und 7 Großkastengreiferproben genommen sowie 13 CTD-Stationen durchgeführt werden. Die Lage der Profile beider Expeditionen sowie die der Kern- und CTD- Positionen ist Abbildung 3.2. zu entnehmen. Profilkordinaten und Stationsnummern (Position, Wassertiefe, Geräteeinsatz, etc.) sind im Anhang in Tabelle 7.1.-1.a. und 7.1.-1.b. aufgelistet.

3.2.1. Navigation

Während der SPE'92 wurden die Positionen mit Hilfe eines CODEN-GPS (Fa. Hagenuk, Kiel), während der NP'94 mit Hilfe eines „Magna Vox 1105 Single Channel Transit Satellite Receiver“ (Fa. Magna Vox) im 15 Sekundentakt aufgenommen und digital gespeichert.

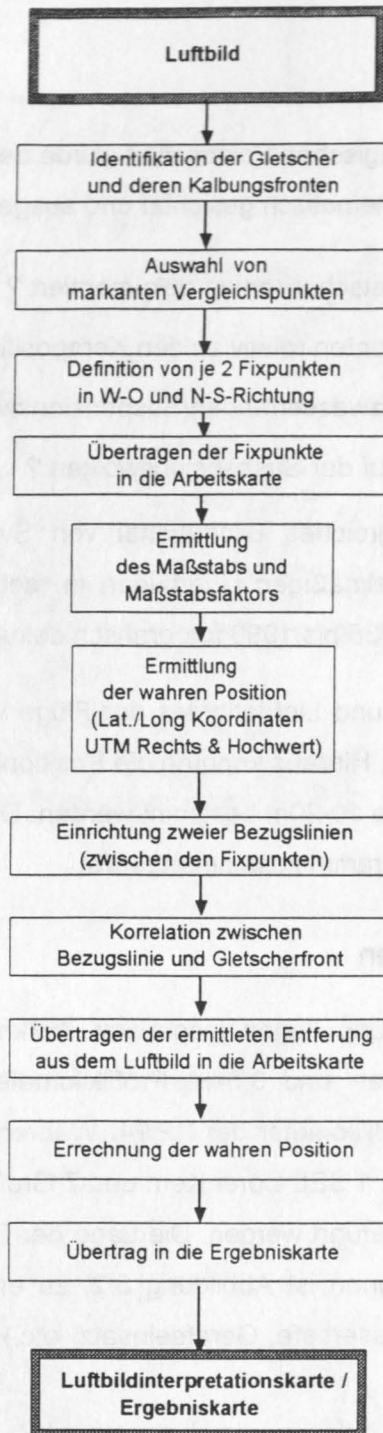


Abb. 3.1.: Flußdiagramm der Auswertungsschritte der Luftbildauswertung

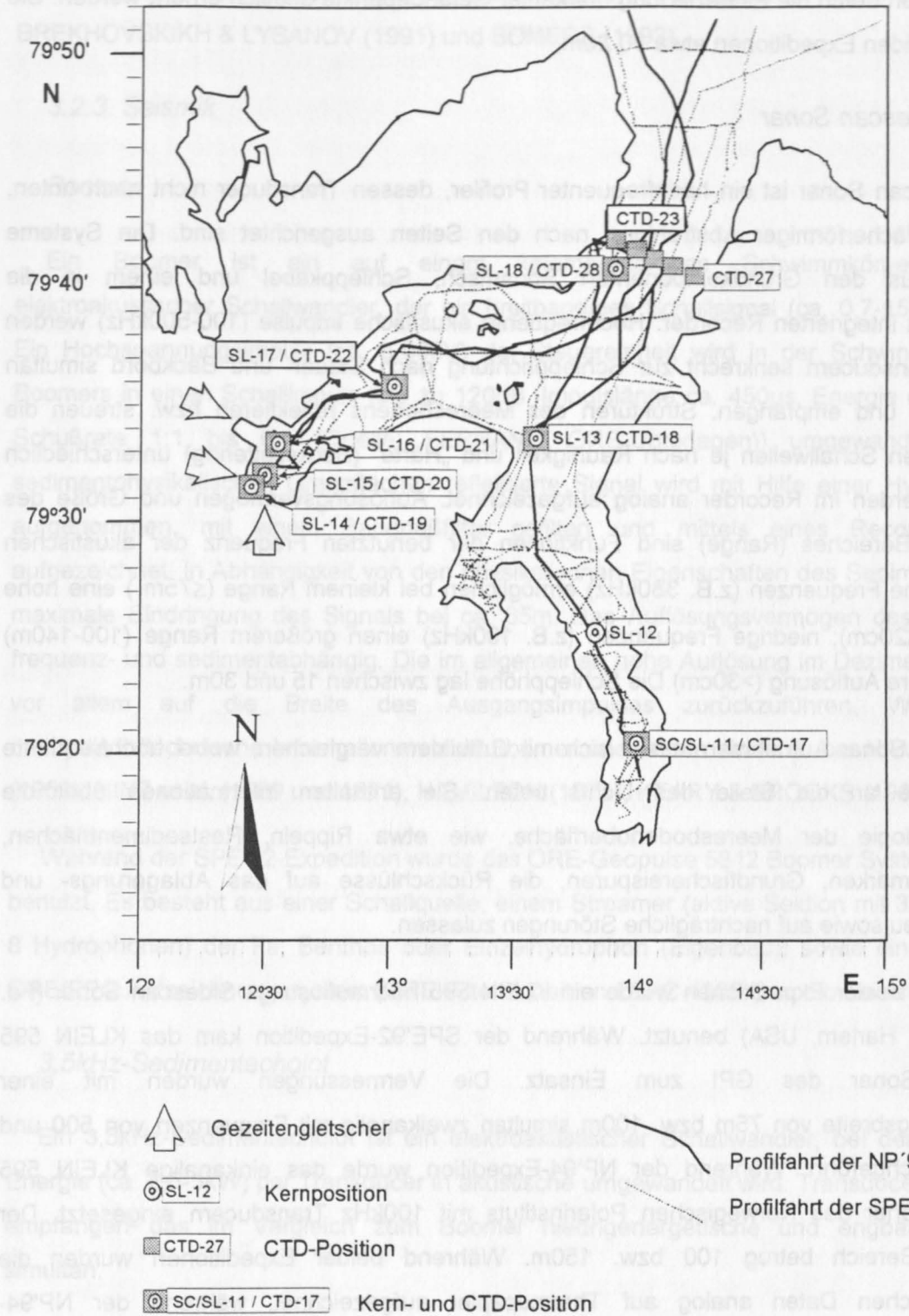


Abb. 3.2.: Lage der seismischen Profile sowie der Kern- und CTD-Stationen

Innerhalb des Fjordsystems konnte die Positionsgenauigkeit mit Hilfe der Radar- und Sichtnavigation durch die Einbeziehung markanter Geländepunkte deutlich erhöht werden. Sie betrug bei beiden Expeditionen etwa 10-20m.

3.2.2. Sidescan Sonar

Ein Sidescan Sonar ist ein hochfrequenter Profiler, dessen Transducer nicht nach unten, sondern in fächerförmiger Abstrahlung nach den Seiten ausgerichtet sind. Die Systeme bestehen aus den Grundkomponenten Sonarfisch, Schleppkabel und einem in die Steuereinheit integrierten Recorder. Hochfrequente akustische Impulse (100-500kHz) werden von den Transducern senkrecht zur Schlepprichtung nach Steuer- und Backbord simultan ausgesendet und empfangen. Strukturen des Meeresbodens reflektieren bzw. streuen die ankommenden Schallwellen je nach Rauigkeit und „Härte“ (Backscattering) unterschiedlich stark und werden im Recorder analog aufgezeichnet. Auflösungsvermögen und Größe des beschallten Bereiches (Range) sind Funktionen der benutzten Frequenz der akustischen Impulse. Hohe Frequenzen (z.B. 380kHz) ermöglichen bei kleinem Range ($\leq 75\text{m}$) eine hohe Auflösung ($\leq 20\text{cm}$); niedrige Frequenzen (z.B. 100kHz) einen größeren Range (100-140m) eine niedrigere Auflösung ($> 30\text{cm}$). Die Schlepphöhe lag zwischen 15 und 30m.

Sidescan Sonar Aufnahmen lassen sich mit Luftbildern vergleichen, wobei hochfrequente Schallimpulse an die Stelle des Lichts treten. Sie enthalten Informationen über die Kleinmorphologie der Meeresbodenoberfläche, wie etwa Rippeln, Restsedimentflächen, Eisbergpflugmarken, Grundfischereispuren, die Rückschlüsse auf das Ablagerungs- und Bildungsmilieu sowie auf nachträgliche Störungen zulassen.

Während beider Expeditionen wurde ein KLEIN 595 hochauflösendes Sidescan Sonar (Fa. KLEIN Ass., Harlem, USA) benutzt. Während der SPE'92-Expedition kam das KLEIN 595 Sidescan Sonar des GPI zum Einsatz. Die Vermessungen wurden mit einer Aufzeichnungsbreite von 75m bzw. 100m simultan zweikanalig mit Frequenzen von 500 und 100kHz durchgeführt. Während der NP'94-Expedition wurde das einkanalige KLEIN 595 Sidescan Sonar des Norwegischen Polarinstituts mit 100kHz Transducern eingesetzt. Der beschallte Bereich betrug 100 bzw. 150m. Während beider Expeditionen wurden die sonographischen Daten analog auf Thermopapier aufgezeichnet; während der NP'94-Expedition erfolgte eine zusätzliche Aufzeichnung auf Magnetband.

Beispiele zur Interpretation sonographischer Strukturen aus dem Bereich arktischer Fjorde finden sich z.B. bei SYVITSKI & BLAKENEY (1983), SYVITSKI (1984), SYVITSKI & PRAEG (1987) sowie SOLHEIM (1991). Technisch/methodisch detaillierte weiterführende Informationen

zum Sidescan Sonar finden sich z.B. bei PATTERSON 1969, AKAL 1972, BELDERSON et al. 1972, FLEMMING (1976), FISH & CARR (1990), JOHNSON & HELFERTY (1990), BREKHOVSKIKH & LYSANOV (1991) und SOMERS (1993).

3.2.3. Seismik

Boomer

Ein Boomer ist ein auf einem katamaranartigen Schwimmkörper montierter elektroakustischer Schallwandler, der ein breitbandiges Schallsignal (ca. 0,7-15kHz) erzeugt. Ein Hochspannungsimpuls (ca. 5.000V) der Steuereinheit wird in der Schwingerplatte des Boomers in einen Schallimpuls (bis zu 120dB, Impulslänge ca. 450µs, Energie ca. 100-300J, Schußrate 1:1 bis 6:1 (Quelle: FERRANTI ORE-Unterlagen)) umgewandelt. Das an sedimentphysikalischen Grenzflächen reflektierte Signal wird mit Hilfe einer Hydrophonkette aufgenommen, mit einem Bandpaßfilter gefiltert und mittels eines Recorders analog aufgezeichnet. In Abhängigkeit von den physikalischen Eigenschaften des Sedimentes lag die maximale Eindringung des Signals bei ca. 65m. Das Auflösungsvermögen des Boomers ist frequenz- und sedimentabhängig. Die im allgemeinen hohe Auflösung im Dezimeterbereich ist vor allem auf die Breite des Ausgangsimpulses zurückzuführen. Weiterführende methodisch/technische Informationen zum Boomer und finden sich z.B. bei HAMILTON et al. (1956), HINZ et al. (1969 und 1971), HAMILTON (1971), KEARY & BROOKS (1984).

Während der SPE'92-Expedition wurde das ORE-Geopulse 5812 Boomer System des GPI's benutzt. Es besteht aus einer Schallquelle, einem Streamer (aktive Sektion mit 3m Länge und 8 Hydrophonen) der Fa. Benthos oder Einzelhydrophon (Eigenbau)) sowie einem analogen ORE/EPC Aufzeichnungssystem (ORE-Filtereinheit und EPC 4800 Graphic-Recorder).

3,5kHz-Sedimentecholot

Ein 3,5kHz-Sedimentecholot ist ein elektroakustischer Schallwandler, bei dem elektrische Energie (ca. 2,5-5kW) per Transducer in akustische umgewandelt wird. Transducer senden wie empfangen das im Vergleich zum Boomer niedrigerenergetische und engbandige Signal simultan.

Bei der SPE'92-Expedition kam das ORE 3,5kHz Sedimentecholot der TU München (Dr. J. Müller) zum Einsatz. Die Sende- und Empfangseinheit besteht aus vier in einem Strömungskörper („Fisch“) angeordneten Transducern. Das empfangene Signal wurde gefiltert (ORE-Bandpaßfilter) und mit einem EPC 3200 Graphic-Recorder analog aufgezeichnet. Der 3,5kHz Fisch wurde über einen Kranausleger an der Steuerbordseite der RV FREDERIKSTAD

in ca. 2m Wassertiefe geschleppt. Eindringtiefe und Auflösungsvermögen lagen deutlich unterhalb der des Boomers (max. Eindringung ca. 30m, Auflösungsvermögen ca. 50cm).

Während der NP'94-Expedition wurde das im Bugbereich der RV LANCE fest installierte 3,5kHz-Gerät benutzt. Es besteht aus einer Sende- und Empfangseinheit mit 12 Transducern, einem ORE-Bandpassfilter und einem EPC 3200 Graphic-Recorder. Es lieferte kontinuierlich qualitativ hochwertige Aufzeichnungen mit einer hohen Auflösung im Dezimeterbereich (ca. 20cm) und relativ großer Eindringung (ca. 40-50m). Die Leistung konnte zwischen 5 und 10kW variiert werden. Höhere Auflösung und größere Eindringtiefe relativ zum ORE-Gerät der SPE'92 lassen sich, neben einer feineren Geräteabstimmung, insbesondere auf eine größere Bündelung des Schallkegels zurückführen.

Airgun

Eine Airgun ist eine pneumatische Schallquelle, deren Kammern per Kompressor mit Luft gefüllt werden. Ein elektrischer Impuls der Steuereinheit führt zur Öffnung der Ventile und zum schlagartigen Entweichen der hochkomprimierten Luft.

Während der NP'94-Expedition wurde ein Sleevegun-/Airgun System (Fa. Halliburton Geophysical Services, USA) mit 4 Einzelkanonen (je 40cm³ Luftvolumen pro Kanone) benutzt (Betriebsdruck 110-150bar, Schußrate 1:8). Die Kanonen waren an einem Schwimmrahmen befestigt, der etwa 30-40m hinter dem Schiff geschleppt wurde. Die Aufnahme der reflektierten Signale erfolgte mit einem Benthos 25/50 Streamer mit einer 7,5m langen aktiven Sektion und 50 Hydrophonen. Die Signale wurden mit einem EPC 4800 Graphic-Recorder und einem vierspürigen Tonbandgerät (Fa. Philips) analog aufgezeichnet (Aufnahmerate 1/2ms, Aufnahmelänge 1s). Das Funktionsprinzip einer Airgun ist ausführlich z.B. bei KEARY & BROOKS (1984) beschrieben.

Das während der NP'94-Expedition benutzte Airgunsystem erbrachte bei hoher Eindringung in die Sedimente (bis ≥ 400 m) eine effektive Auflösung von ca. 15-20m.

3.2.4. CTD-Messungen

Während der NP'94-Expedition wurde ein Mark IIIb CTD-Meßgerät (Fa. Neil Brown Instr. Inc., USA) benutzt. Das Aufzeichnungsintervall betrug 1m; aufgezeichnet wurden Temperatur, Leitfähigkeit, Dichte und Salinität.

3.2.5. Probennahmegeräte

Bei der NP'94-Expedition kamen folgende Probennahmegeräte zur Anwendung: Ein Schwerelot des Geologischen Instituts der Universität Bergen (0,8to Gewichtssatz, 9x600cm Kernrohr, Eigenbau), ein SEL-Corer (1,5to Gewichtssatz/Hammereinheit, 9x1200cm Kernrohr) der Fa. Selantic Subsea Technology AS (Norwegen) und ein Großkastengreifer des GPI (50x50x60cm Kasten, Fa. Wuttke, Kiel).

3.3. Analyse und Interpretation der hydroakustischen Aufzeichnungen

3.3.1. Sonographie

Zur Analyse der Sidescan Sonar Aufzeichnungen dienten die folgenden Kriterien:

1. Die Intensität des reflektierten bzw. rückgestreuten Signals
2. Der akustische Schatten „prominenter“ Strukturen
3. Die Geometrie der Strukturen sowie ihrer Anordnung

Zu den Kriterien:

1. Die Intensität des reflektierten Signals gibt Aufschluß über die Rückstreuungseigenschaften der Oberfläche des beschallten Objektes. Weichsedimente besitzen eine ebene Oberfläche und damit typischerweise niedriges Backscattering. Objekte mit rauen Oberflächen, wie z.B. Muschelfelder erzeugen eine größere Rückstreuung.

2. Das Auftreten stärkerer Reflexionen und von Schattenbereichen erlaubt die Definition von Voll- und Hohlformen (Rippelkämme, Steine, Rippeltäler, Fischereispuren und Gräben). Des weiteren können Rückschlüsse auf die Struktur des beschallten Objekts gezogen werden. Über die Längen der akustischen Schattenbereiche läßt sich die Größe der Strukturen berechnen.

3. Die Geometrie der Strukturen und deren Anordnung geben Hinweise auf die Echtheit der auf dem Sonarschrieb abgebildeten Strukturen. So können etwa Reflexionen an Dichtesprüngen in der Wassersäule zu Pseudo-Bodenstrukturen führen, die sich aber durch ihre Anordnung zu erkennen geben.

3.3.2. Seismik

Zur Analyse der seismischen Aufzeichnungen und zu einer Definition seismischer Einheiten dienten folgende Kriterien:

1. Die Intensität der Reflektoren
2. Die relative Kontinuität der Reflektoren
3. Die Anordnung der Reflektoren zueinander
4. Das Auftreten interner Strukturen

Zur Unterscheidung der akustischen Einheiten diene außerdem:

1. Die Geometrie der seismischen Einheiten
2. Die relative Stellung der seismischen Einheiten zueinander

Abbildung 3.3. zeigt den Ablauf der Auswertung seismischer Aufzeichnungen als Flußdiagramm.

Zu den Analysekriterien:

1. Die aufgezeichnete Intensität seismischer Reflektoren entspricht der Stärke (Amplitude) des empfangenen akustischen Signals. Sie beinhaltet Informationen über den Geschwindigkeits-/Dichtekontrast an der Grenzfläche zweier akustischer Einheiten, die sog. akustische Impedanz. Das Auftreten besonders intensiver Reflektoren kann einem deutlichen „Impedanzsprung“ zugeordnet werden (v. HUENE et al. 1967), der auf einen Wechsel der Ablagerungsprozesse schließen läßt (ELVERHØI et al. 1992).

2. Die relative Kontinuität seismischer Reflektoren liefert Informationen über die Gleichförmigkeit der Ablagerungsprozesse eines bestimmten Gebietes. Kontinuierliche Reflektoren dokumentieren ein gleichförmiges Ablagerungsmilieu (v. HUENE et al. 1967).

3. Über die Kontinuität und den Wechsel der Intensität seismischer Reflektoren lassen sich seismische Einheiten definieren. Deren Geometrie und Stellung zueinander erlauben Aussagen über die relative zeitliche Abfolge und die jeweils beteiligten Sedimentationsprozesse (ELVERHØI et al. 1980, SYVITSKI & BLAKENEY 1983, SOLHEIM & KRISTOFFERSEN 1984, SYVITSKI 1984, SYVITSKI & PRAEG 1989, STEWART & STOKER 1990).

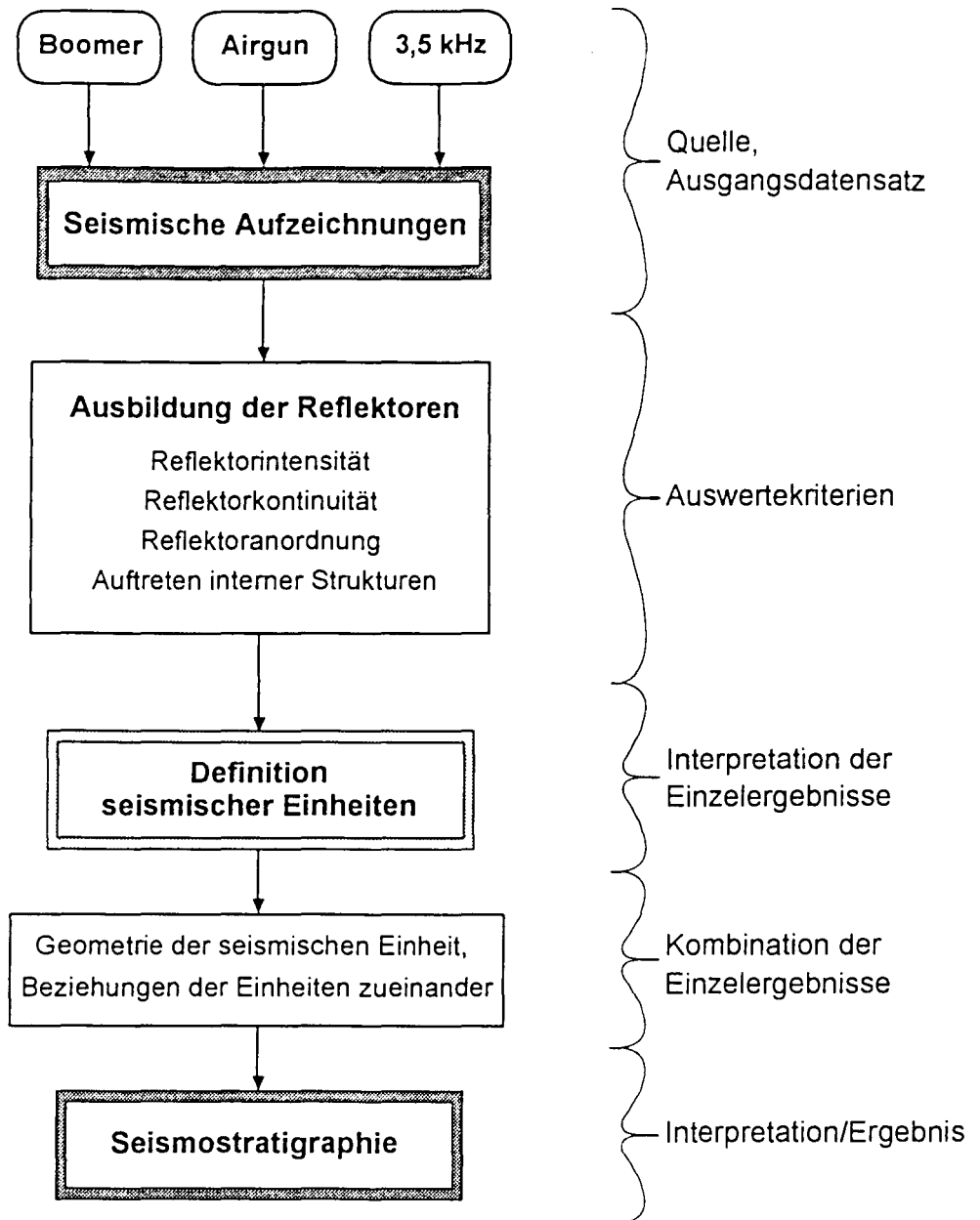


Abb. 3.3.: Flußdiagramm der Auswertungsschritte zur Erstellung einer Seismostratigraphie

4. Aus dem Auftreten interner Strukturen, z.B. akustischer Lamination, und Wechsel von transparenten zu opaken Einheiten, ergeben sich Hinweise auf die Lithologie und deren fazieller Änderung. Vorarbeiten im Bereich arktischer Fjorde wurden unter anderem von SYVITSKI & BLAKENEY (1983), SOLHEIM & KRISTOFFERSEN (1984), SYVITSKI (1984), SYVITSKI & PRAEG (1987 und 1989), STEWART & STOKER (1990), SOLHEIM (1991), ELVERHØI et al. (1992) geleistet.

SEXTON et al. (1992) und SYVITSKI & PRAEG (1989) ordnen dem Auftreten akustischer Lamination einen Wechsel der Korngrößen bzw. des Wassergehaltes der Sedimente zu.

Die akustische Transparenz der Einheiten bezieht sich auf die durch Streueffekte induzierte Graufärbung des Bereiches zwischen zwei Reflektoren. Es können drei Transparenzgrade unterschieden werden (ELVERHØI et al. 1980 und 1983): 1. transparent: schwacher Grauton zwischen zwei Reflektoren, der untere Reflektor kann deutlich identifiziert werden; 2. semitransparent: stärkerer Grauton zwischen den Reflektoren, der untere Reflektor kann noch identifiziert werden und 3. opak: dunkler Grauton, darunterliegende Reflektoren können nicht mehr identifiziert werden.

ELVERHØI et al. (1983) und SYVITSKI & PRAEG (1989) ordnen akustisch transparenten Einheiten feinkörnige Sedimente der Ton-Silt-Fraktion zu, die über „suspended plume-sedimentation“ (Ausfallen/Ausflocken des Sediments aus Suspensionswolken) in den Sedimentationsraum eingetragen werden. SYVITSKI & PRAEG (1989) definieren semitransparente Einheiten im glaziomarinen Milieu als Till oder als wenig konsolidierten Diamikton. Opake Einheiten bilden das akustische Basement der seismischen Aufzeichnungen. Akustisch opake Einheiten werden von diesen Autoren als konsolidierte Sedimente oder als die oberen Einheiten des Grundgebirges interpretiert (vgl. auch SOLHEIM 1991).

Eine Zuordnung der genannten Kriterien zu den seismischen Aufzeichnungen und Einheiten zeigen die Faltblätter im Anhang 7.6.

3.4. Volumetrische Berechnungen

Alle Berechnungen stützen sich auf die Auswertung des digitalisierten Boomer- und 3,5kHz-Datenmaterials der SPE'92-Expedition. Den starken Variationen der Mächtigkeiten der seismischen Einheiten Rechnung tragend, wurde das Gesamtvolumen des dargestellten Sediments berechnet und auf die Berechnung der Volumina der seismischen Untereinheiten verzichtet.

Zur Berechnung des Sedimentvolumens wurde ein dreidimensionaler Sedimentkörper modelliert, dessen obere Grenze der Fläche entspricht, die von den Oberflächenreflektoren aller seismischen Profile aufgespannt wird. Die untere Grenze wird durch die Fläche gebildet, die die Reflektoren des akustischen Basements aufspannen. Als laterale Grenze wurde eine dem natürlichen Uferverlauf angenäherte „Uferausgleichslinie“ konstruiert (vgl. Abb. 4.4.10., Kap. 4.4.4.). Mit Hilfe des XACT 4.0 Programmes (Fa. SCI-Lab, Hamburg) konnte das Volumen zwischen oberer und unterer Grenzfläche berechnet werden.

3.5. Labormethoden

3.5.1. Kernbeschreibungen

Kriterien für die Beschreibung der Sedimentkerne waren die Konsistenz des Sediments, die Färbung („Munsell Soil Color-Chart“), das Auftreten von grobem eistransportierten Material sowie von Bioturbation und biogenen Partikeln.

Die Beschreibungen der Kerne finden sich im Anhang 7.2.

3.5.2. Radiographien

Radiographien zeigen makroskopisch unsichtbare Sedimentstrukturen, wie Bioturbation und Warvenschichtung (CALVERT & VEERS 1962, WERNER 1968)

Zur Anfertigung von Radiographien wurden im Labor des GPI über die gesamte Kernlänge hinweg ca. 10x25x0,9cm große Sedimentscheiben entnommen (vgl. WERNER 1968, BOUMA 1969) und mit einem Seifert-ERESCO (120kV, 5mA) Röntgengerät geröntgt.

Schwerpunkte bei der Radiographieauswertung waren das Erfassen des Auftretens und der Verteilung terrigener und biogener Partikel, der Sedimentstrukturen (z.B. gradierte Schichtung, Warvenschichtung, usw.) sowie die Identifikation authigener Aggregate (Pyrit als Fäden und Kügelchen). Biogene Komponenten wurden auf Größe und Zustand (vollständiges Exemplar

oder Fragment), terrigene Komponenten wurden auf Größe und Rundungsgrad hin untersucht. Die Beschreibungen der Radiographien der Sedimentkerne finden sich im Anhang 7.3.

3.5.3. *Physikalische Sedimentparameter: Scherfestigkeit, Feucht- und Trockenraumdichte, Wassergehalt und Porosität*

Die Messung der physikalischen Parameter der Sedimente diente der Korrelation der seismischen Aufzeichnungen mit den Sedimentkernen. Zum anderen sollte das Auftreten von etwaigen Sedimentationszyklen erfaßt werden. Entsprechend den erwartet hohen Sedimentationsraten von etwa $10\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ (vgl. ELVERHØI et al. 1980) wurden alle Parameter generell in 10cm Abständen gemessen. Traten engräumigere Veränderungen des Sediments auf, wurde eine entsprechend engere Beprobung/Messung durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen der sedimentphysikalischen Parameter finden sich im Anhang 7.4.-a.

Scherfestigkeit

Mit Hilfe der Fallkegel-Meßapparatur nach HANSBO (1957) wurden die Eindringtiefen von kegelförmigen Gewichten in die Sedimente gemessen. Die Meßintervalle betrugen 10cm und wurden bei lithologischen Wechseln entsprechend enger. Den gemessenen Werten wurde per Umrechnungstabelle der jeweilige Scherfestigkeitswert in Kilopascal [kPa] zugeordnet. Die Umrechnungstabelle findet sich im Anhang 7.a.-a.1.

Feucht- und Trockendichte

Zur Bestimmung der Feucht- und Trockendichten der Sedimente wurde mit Hilfe von Einwegspritzen eine definierte Probenmenge von 5ml genommen, deren Trocken- und Feuchtmasse ermittelt und über die Beziehung (HAMILTON 1971, HOLLER 1995).

$$\rho = M / V$$

mit M = Masse; V = Volumen; in $[\text{g}/\text{cm}^3]$

die Feucht - und Trockendichte berechnet.

Wassergehalt

Der Wassergehalt (w) einer Probe bezieht sich auf die Masse der feuchten (M_w) und der trockenen Probe (M_t) und ist wie folgt definiert (HOLLER 1995):

$$w = (M_w / M_t) \times 100 \quad \text{in } [\%]$$

Porosität (Porenvolumen)

Die Porosität (Porenvolumen) eines Sediments in Prozent errechnet sich aus der Beziehung (HOLLER 1995):

$$n = (V_v / V_t) 100 \quad \text{in [\%]}$$

mit n = Porenvolumen, V_v = Volumen der Poren und V_t = Gesamtvolumen der feuchten Probe.

3.5.4. Core-Log Analysen

Alle Sektionen der Sedimentkerne der NP'94-Expedition konnten mit dem Multi-Sensor-Core-Logger (WEAVER & SCHULTHEISS 1990) der Fa. GEOTEK (Haslemere, U.K.) der GTG bei GEOMAR gemessen werden. Bei diesem Gerät werden simultan die magnetische Suszeptibilität, die GRAPE-Dichte (Gamma Ray Attenuated Porosity Emulation) und die P-Wellengeschwindigkeit der Kernsektionen in 1cm Intervallen gemessen.

Die Messung der P-Wellengeschwindigkeit erwies sich aufgrund des während der Lagerung auftretenden Kontaktverlustes Sediment-Liner schwierig. Die Meßergebnisse wurden hier nicht berücksichtigt.

Ein bislang nur ungenügend gelöstes Problem aller Messungen am Core-Logger ist das der Einflüsse der Kernenden und der Endkappen der Liner auf die Qualität der Messergebnisse. Da die Kerne nur in Metersektionen gemessen werden können, multipliziert sich dieses Problem mit der Anzahl der Sektionen. Erweiterte Lösungsansätze dieser Problematik finden sich bei CHI (1995).

Magnetische Suszeptibilität

Im gesamten Einzugsgebiet des Fjordsystems sind magmatische Gesteine (Basalte und Granite) zu finden, die eine Vielzahl von Mineralien mit hohen magnetischen Suszeptibilitätswerten enthalten. Die Messung der magnetischen Suszeptibilität sollte daher Hinweise auf Sedimentationsereignisse mit einem vermehrten Eintrag von magmatischen Gesteinspartikeln geben.

Die magnetische Suszeptibilität ist eine materialkonstante, dimensionslose physikalische Größe, die als

$$M = \kappa \times H$$

mit: M = Magnetisierung, κ = magnetische Suszeptibilität, H = magnetische Feldstärke

definiert wird (vgl. v. MÜNCH 1987). Sie gibt Auskunft über die Konzentration magnetisierbaren Materials im Sediment (v. MÜNCH 1987, CHI 1995).

GRAPE-Dichte

Die Dichte eines Materials beeinflusst die Ausbreitung seismischer Wellen in dem Medium wesentlich. Das Produkt aus Dichte und Ausbreitungsgeschwindigkeit bildet den Wellenwiderstand bzw. die seismische Impedanz. Bei Änderungen der seismischen Impedanz werden seismische Wellen abgelenkt (gebrochen) und/oder reflektiert.

Die Messung der Dichte soll entsprechende Hinweise auf die Ausbildung und Verteilung seismischer Reflektoren ergeben. Des Weiteren lassen sich aus Änderungen der Dichte Unterschiede der Zusammensetzung des Sediments ableiten, die, mit anderen Eigenschaften korreliert, Hinweise auf Änderungen des Sedimentationsregims liefern. Mit dem Core-Logger bietet sich die Möglichkeit einer kontinuierliche Messung der Dichte des Sediments.

Die GRAPE-Dichte (Gamma Ray Attenuated Porosity Emulation) korreliert direkt mit der Feuchtraumdichte des Sediments (vgl. BOYCE 1976). Im Gegensatz zur direkten Messung der Dichte durch Beprobung des Kerns erfolgt bei der Dichtemessung mit dem Core-Logger eine indirekte Bestimmung durch Abschwächung von Röntgen- und Gamma-Strahlen (SCHULTHEISS et al. 1988). Wechselwirkungen der Strahlungsquanten mit dem Sediment (Compton-Streuung) bewirken eine Abschwächung der Strahlung, die mit Hilfe des Detektors registriert wird. Aus dem Schwächungsgesetz für Röntgen- und Gammastrahlung gilt für die Abschwächung A / A_0

$$A / A_0 = e^{-\rho \mu r}$$

Hierbei ist ρ die Dichte, μ der Massenschwächungskoeffizient und r der von der Strahlung zurückgelegte Weg. Durch Auflösung des Schwächungsgesetzes nach ρ läßt sich die Dichte des Sediments bestimmen. Bei den Messungen wurde der abschwächende Einfluß der Kernbehälter (Liner) als vernachlässigbar klein angenommen (CHI 1995).

Aufgrund ihrer Größe wurden die Datensätze nicht dem Anhang beigelegt, sind jedoch auf Diskette abrufbar.

3.5.5. Standardisierte Probenbearbeitung: Kalziumkarbonatgehalte und organischer Kohlenstoff (C_{org}), Subfraktionen der Grobfraktion ($>63\mu m$), Komponentenanalyse (Fraktionen $125-500\mu m$ und $>500\mu m$)

Der Ablauf der im Folgenden aufgeführten Untersuchungen an den Sedimentproben ist als Flußdiagramm in Abbildung 3.4. dargestellt.

Kalziumkarbonat

Neben der Aufnahme der Unterschiede zwischen den beiden Fjordprovinzen hatte die Messung des Kalziumkarbonatgehaltes insbesondere die Identifikation zyklischer Sedimentationsereignisse zum Ziel. Zu diesem Zweck wurden neben der standardmäßigen Beprobung per Radiographie ausgewählte Bereiche kontinuierlich beprobt.

Die Messungen des Kalziumkarbonatgehaltes wurden am Strönlein-Coulomat 702 des GIK gemessen. Der prozentuale Anteil des Kalziumkarbonats an der Masse der eingewogenen Probe errechnet sich aus der Beziehung:

$$\text{CaCO}_3 = (r \times f) \times m^{-1} \quad \text{in Gewichtsprozent [Gew.\%]}$$

mit: r = Zählrate, f = gerätespezifischer Faktor 0,0016666 und m = Einwaage in [mg] (vgl. Betriebsanleitung STRÖNLEIN-Coulomat 702).

Die Meßwerte finden sich im Anhang 7.4.b.

Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org})

Mit der Messung des organischen Kohlenstoffs sollten insbesondere die „organischen Warven“ (ELVERHØI et al. 1980) in den Sedimentkernen des proximalen Liefdefjords geochemisch identifiziert werden.

Die Messungen der Gehalte an organischem Kohlenstoff wurden mit dem automatischen LECO CS-125 Meßgerät des GEOMAR, Kiel durchgeführt. Die Meßwerte konnten direkt als Gewichtsprozente abgelesen werden und finden sich im Anhang 7.4.c.

Korngrößenfraktionierung

Die Bestimmung der Korngrößenverteilung der Sedimente erfolgte an Subproben zu je etwa 3cm^3 . nach der Bestimmung der Trocken- und Feuchtgewichte der Subproben erfolgte die Fraktionierung ohne chemische oder sonarische Hilfsmittel zur Dispergierung der Probe.

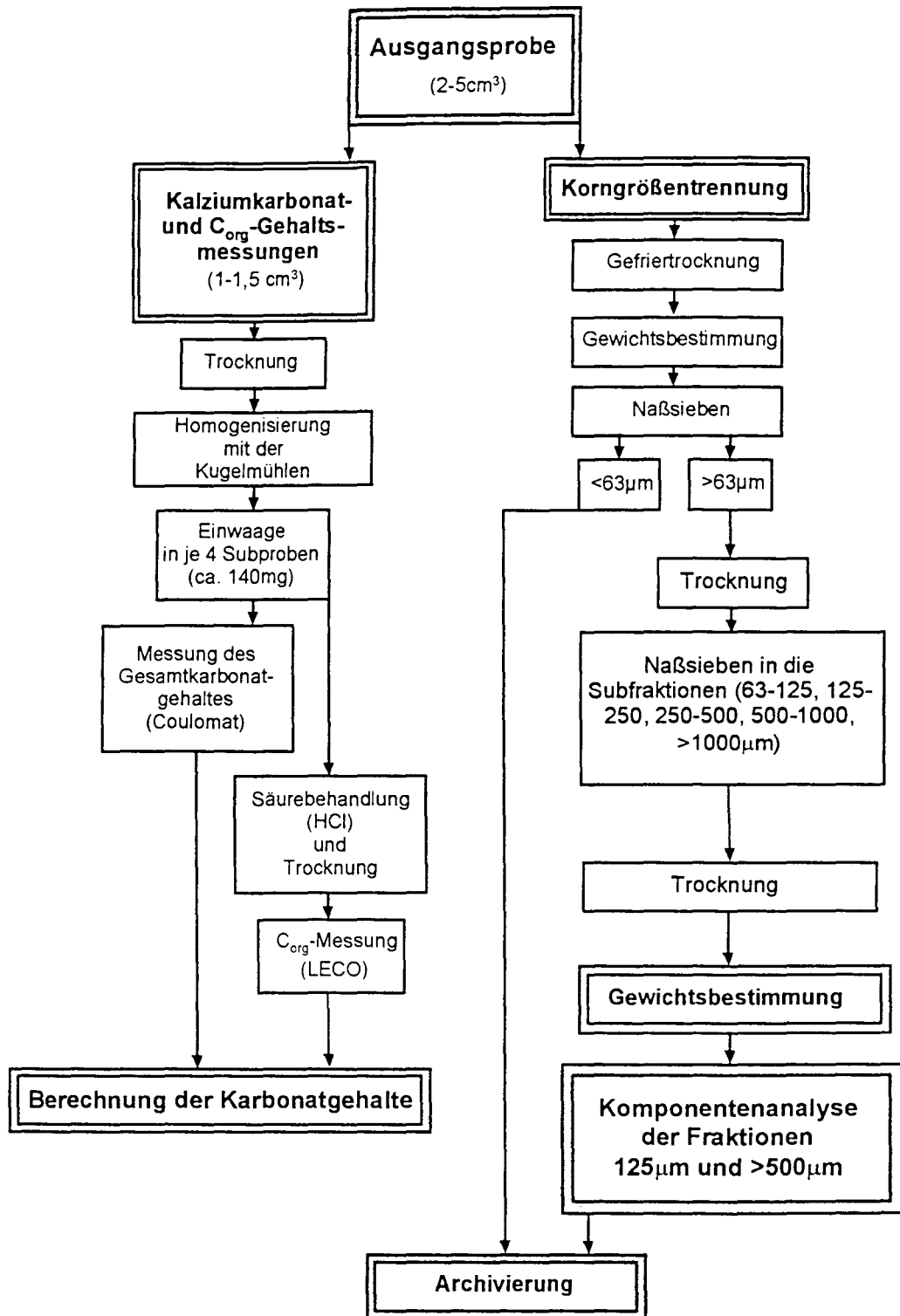


Abb. 3.4.: Flußdiagramm der standardisierten Probenbearbeitung

Die Gewichtsprozent der Trockengewichte der Subfraktionen errechnen sich aus der Gleichung:

$$m_1 = (m_2 \times 100) \times m_g^{-1} \quad \text{in [Gew.\%]}$$

mit: m_1 = Gewichtsprozent der jeweiligen Subfraktion, m_2 = Fraktionsgewicht und m_g = Gesamtgewicht der Probe (HENRICH et al. 1988).

Eine detaillierte Darstellung der Gewichtsprozent findet sich im Anhang 7.4.d.

Analyse der Grobfraktion

Fraktion 125-500µm

Nach HENRICH et al. (1988) ist die Zusammensetzung der Korngrößenfraktion 125-500µm repräsentativ für die Zusammensetzung der Gesamtprobe.

Um eine quantitativ belegte Aussage über die Zusammensetzung der Grobfraktion des Sediments in den verschiedenen Tiefenintervallen zu erhalten, wurde das Probenmaterial der Fraktionen 125-250µm und 250-500µm auf verschiedene biogene, terrigene, vulkanogene und authigene Komponenten hin untersucht. Pro Probe wurden zwischen 400 und 600 Komponenten unter dem Binokular ausgezählt.

Die Berechnung des prozentualen Anteils der einzelnen Komponenten am Gewicht der gesamten Probe wurden nach HENRICH et al. (1988) zunächst über die Beziehung

$$K\% = (k_n / n_{\text{ges}}) \times 100 \quad \text{in [K\%]}$$

(mit k_n = Anzahl der ausgezählten Komponenten und n_{ges} = Gesamtanzahl aller ausgezählten Komponenten)

die Kornzahlprozent errechnet. Diese wurden in die Gleichung

$$\text{Gew.\%} = K\% - cf \times 100^{-1} \quad \text{in [Gew.\%]}$$

(mit: cf = Gewichtsprozent der Gesamtfraction größer 63µm)

eingesetzt und die Gewichtsprozent der jeweiligen Komponenten bestimmt.

Die Gesamtbiogen-/Gesamtterrigenanteile der Grobfraktion errechnen sich durch Aufsummieren der Gewichtsprozent aller ausgezählten biogenen bzw. terrigenen Komponenten.

Fraktion >500µm

Bei der Analyse der >500µm Fraktion fanden die gleichen Kriterien wie bei der 125-500µm Fraktion Anwendung.

Auf eine gesonderte Darstellung der Ergebnisse wurde verzichtet und nur das Terrigen-Biogen-Verhältnis vermerkt. So wurde der Inhalt dieser Fraktion lediglich als hauptsächlich terrigenen Ursprungs (viel IRD (Ice Rafted Detritus)) oder als hauptsächlich biogenen (wenig IRD) Ursprungs angesprochen.

3.5.6. Röntgendiffraktometrie

Zur proximal-distalen Korrelation von IRD-Horizonten der Kerne aus der Liefdefjordprovinz (NP'94 14, 15, 16, 17 und 18) wurde eine Identifikation der Mineralzusammensetzung IRD-reicher und IRD-armer Horizonte mit Hilfe des Philips PW 1050 Röntgendiffraktometers am GPI durchgeführt.

Die Auswahl dieser Methode beruht auf den lithologischen Unterschieden der Einzugsbereiche der Fjorde (und Gletscher). Das Einzugsgebiet des Monacobreens liegt im wesentlichen innerhalb der metamorphen Hecla Hoek Formation, deren Mineralbestand sich von dem der devonischen „Old Red“-Sand-Siltsteine des übrigen Arbeitsgebietes deutlich abgrenzt. Besonderes Augenmerk lag auf dem Vorkommen leicht verwitterbarer Minerale wie Feldspat und Glimmer, die vermehrt in den Metamorphiten der Hecla Hoek Formation zu finden sind.

Die getrockneten Proben wurden mit einer Kugelmühle pulverisiert und auf einen Objektträger gepreßt. Die 2θ Winkel der Proben wurden im Röntgendiffraktometer gemessen und der Mineralinhalt identifiziert (vgl. BOHRMANN 1988).

Die Ergebnisse der Einzelmessungen sind per Diskette abrufbar.

3.6. Kartenerstellung / Kartographische Darstellung

Als Grundlage der Profilplanung der Expeditionen und der Erstellung einer Arbeitskarte diente die amtliche Seekarte des Wood- und Liefdefjordgebiets im Maßstab 1:100.000 herausgegeben vom Norges Sjøkartverk 1967 Blatt Nr. 521.

Die *Arbeitskarte* diente als Basis der manuellen Zuordnung von Positionen und Strukturen über die Profilzeit sowie der rechnergestützten Ver- und Weiterbearbeitung. Uferlinie und Koordinatensystem der Seekarte wurden mit Hilfe des AUTOCAD 12 Softwarepakets (AUTODESC Inc., USA) von der Seekarte digitalisiert und geplottet.

Die Berechnung und Erstellung einer *bathymetrischen Karte* wurde mit Hilfe des XACT 4.0 (SCI-Lab. GmbH. Hamburg) Programms durchgeführt. Als Kartenbasis diente die Seekarte. Die benötigten Datentripel (Nord- und Ostposition, Tiefe) stammen aus den Positionsdatensätzen der beiden Expeditionen. Die Darstellung erfolgt in 20m Schritten.

Als Kartenbasis für die Luftbildauswertung dienten die Blätter:

- Blatt A 5 (Spitsbergen: Magdalenenfjorden)
- Blatt B 4 (Spitsbergen: Reinsdyrflya)
- Blatt B 5 (Spitsbergen: Woodfjorden)
- Blatt B 6 (Spitsbergen: Eidsvollfjellet)

der topographischen Karte 1:100.000 des Norwegischen Polarinstituts (Oslo).

4. Ergebnisse

4.1. Luftbildauswertung

Die vom Norwegischen Polarinstitut zur Verfügung gestellten Luftbilder aus den Jahren 1936, 1938, 1966, 1970 und 1990 wurden in Hinblick auf Fluktuationen der Gletscherfronten und deren Lage relativ zu den Kernpositionen der NP'94 bearbeitet. Ein weiterer Schwerpunkt der Luftbildauswertung war die Kartierung des Verlaufs der Suspensionswolken („sediment plumes“).

Die Luftbilder der Jahre 1966, 1970 und 1990 liegen als lotrechte Aufnahmen vor, die der Jahre 1937/38 als Schrägaufnahmen. Für die Aufnahmen der Jahre 1937/38 existiert keine Georeferenz (Flugzeit, Flughöhe, Position, etc.), so daß an ihnen nur eine relative Positionsbestimmung durchgeführt werden konnte. Die geschätzte Genauigkeit bei der Kartenerstellung liegt bei etwa 10-20 m. Je ein Luftbilder des inneren Liefde- und Woofjords zeigt Abbildung 4.1.2.

4.1.1. Gletscherfluktuationen

Im Zeitraum von 1936 bis 1990 ließen sich keine Fluktuationen der Gezeiten-Gletscher erfassen. Insgesamt fand ein Rückschreiten der Fronten statt. Die Rückzugsbeträge sind in Tabelle 4.1.1. dargestellt. Der Verlauf der jeweiligen Gletscherfronten ist in Abbildung 4.1.1. dokumentiert. Die Beträge des Rückschreitens der Gletscher sind Mittelungen über die Breite der jeweiligen Gletscherfront.

Tab. 4.1.1.: Rückzugsraten der Gezeitengletscher.

Zeitraum	Monacobreen		Emmabreen		Idabreen	
	Betrag (m)	jährl. Rate (m/a)	Betrag (m)	jährl. Rate (m/a)	Betrag (m)	jährl. Rate (m/a)
1936/38-1966	200	7	100	3	300	11
1966-1970	500	125	400	100	250	63
1970-1990	1000	50	450	72	300	15

Die Normierung der Rückzugsraten auf jährliche Beträge ergab für das kurze Zeitintervall von 1966-1970 die höchsten Rückzugsraten von ca. 125m pro Jahr. Für diesen Zeitraum sind dementsprechend auch die höchsten Mengen Schmelzwasser und - hohe Gehalte von

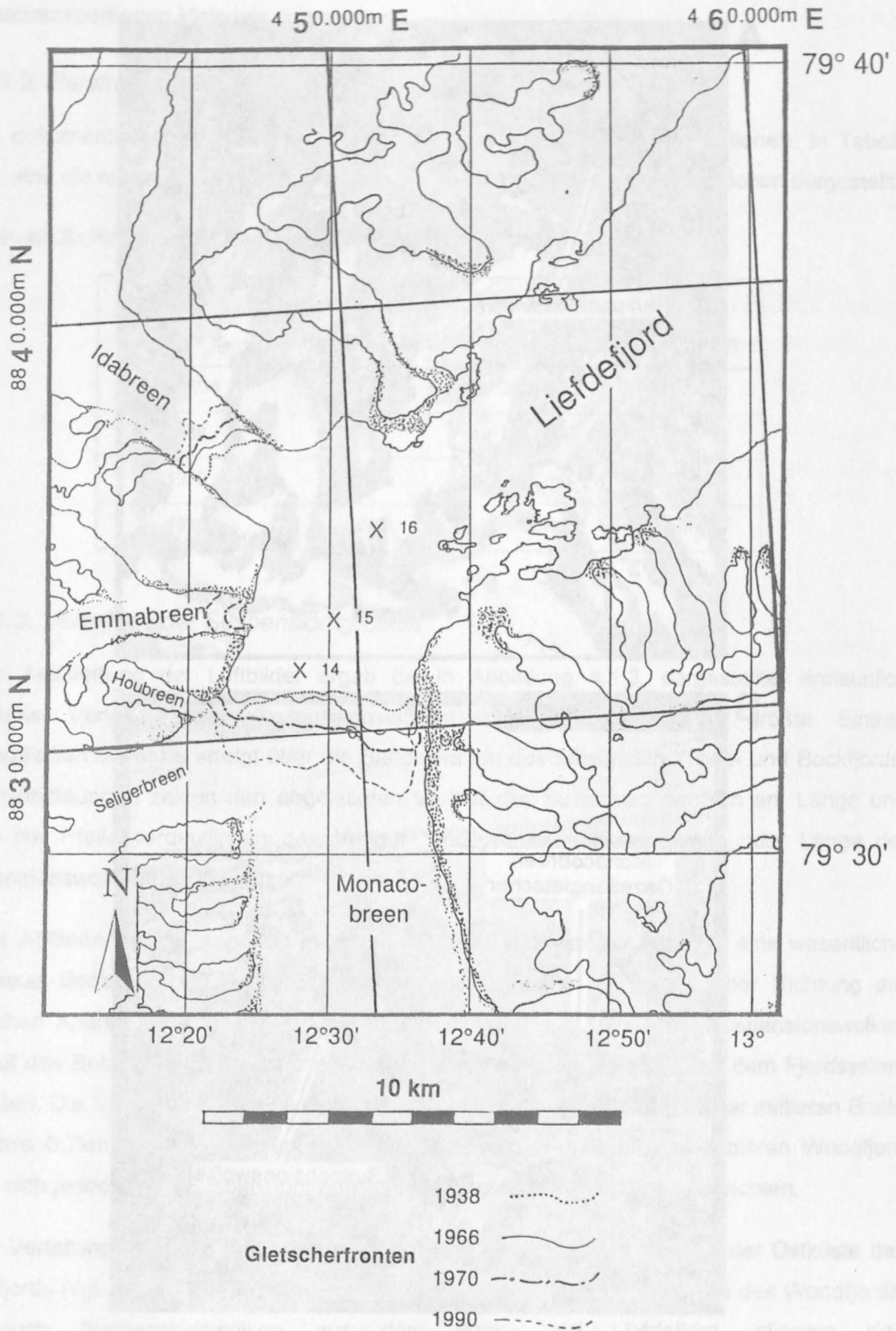


Abb. 4.1.1.: Auswertung der Luftbilder der Jahre 1938 bis 1990: Verlauf der Fronten der Gezeitengletscher des proximalen Liefdefjords während der Jahre 1938, 1966, 1970 und 1990.

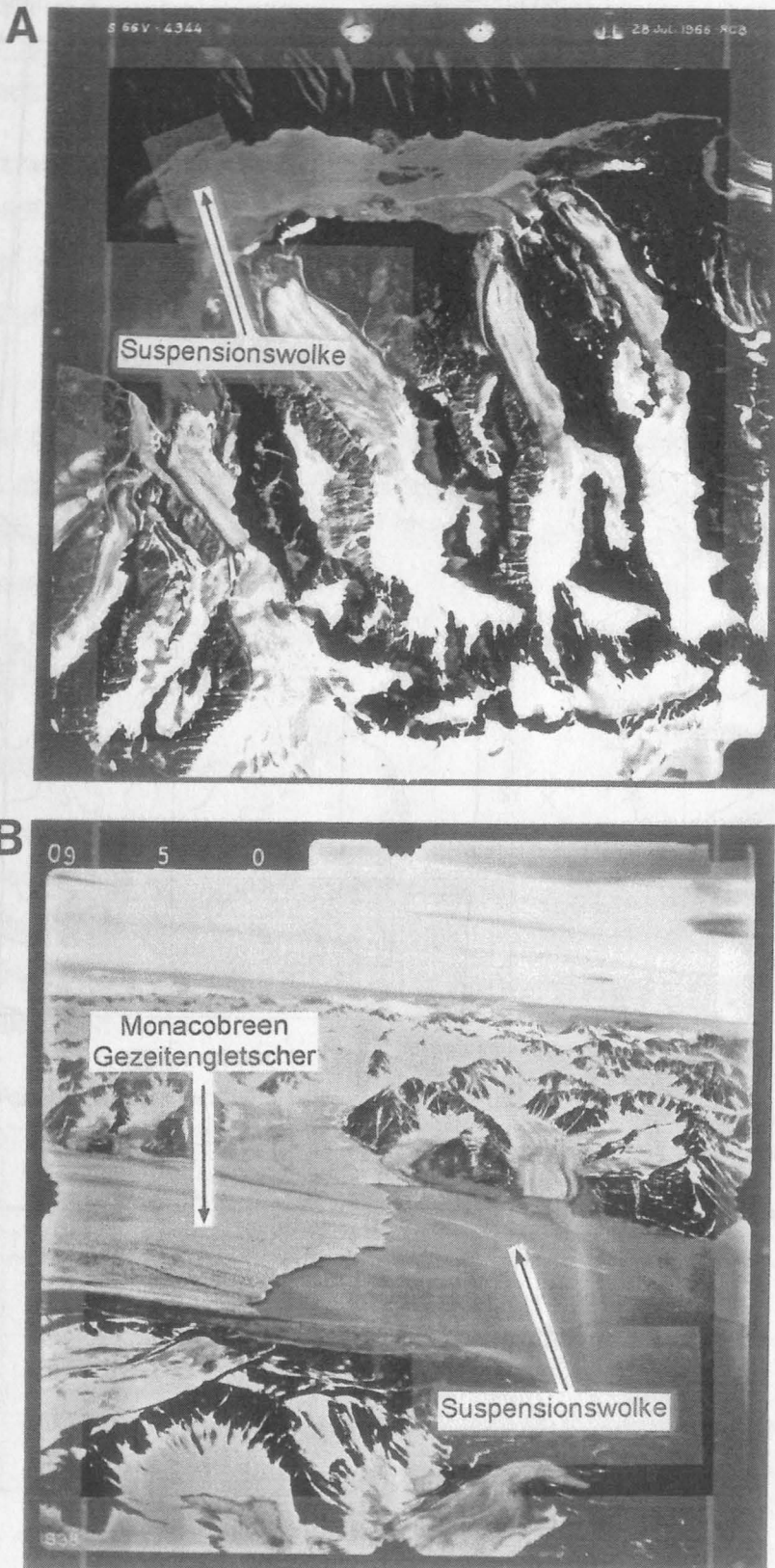


Abb. 4.1.2.: Luftbildbeispiele aus den inneren Woodfjord (A) und dem inneren Liefdefjord (B) der Jahre 1966 bzw 1937.

sub- und intraglazialem Detritus vorrausgesetzt - hohe Sedimentationsraten suspendierten und eistransportierten Materials zu erwarten.

4.1.2. Relative Lage der Gletscherfronten zu den Kernpositionen

Im dokumentierten Zeitraum erreichte kein Gletscher eine der Kernpositionen. In Tabelle 4.1.2. sind die relativen Entfernungen der Gletscherfronten zur den Kernpositionen dargestellt.

Tab. 4.1.2.: Relative Entfernungen Gletscherfront - Kernposition

Jahr	Monacobreen zu NP94- 14	Emmabreen zu NP94- 15	Idabreen zu NP94- 16
1937/38	500m	2100m	4000m
1966	700m	2200m	4250m
1970	1250m	2600m	4500m
1990	2300m	3100m	4800m

4.1.3. Verteilung der Suspensionswolken

Die Auswertung der Luftbilder ergab die in Abbildung 4.1.3. dargestellte, erstaunlich konstante Verteilung der Suspensionswolken im Fjordsystem. Der größte Eintrag suspendierten Materials erfolgt über die Sanderwatten des proximalen Wood- und Bockfjords. Die Pfeilrichtungen zeigen den abgeleiteten Verlauf der Suspensionswolken an. Länge und Breite der Pfeile verdeutlichen den Verlauf, sind jedoch nicht mit Breite oder Länge der Suspensionswolken gleichzusetzen.

Das Abfließen von Suspensionswolken aus dem Fjordsystem heraus ist eine wesentliche und neue Beobachtung. Große Suspensionswolken fließen in nordöstlicher Richtung am nördlichen Andree-Land vorbei in den Arktischen Ozean. Die Größe der Suspensionswolken läßt auf das Entweichen beträchtlicher Mengen suspendierten Materials aus dem Fjordsystem schließen. Die Suspensionswolken des inneren Woodfjords erreichen bei einer mittleren Breite von etwa 0,7km Längen von durchschnittlich ca. 5km. Im inneren und mittleren Woodfjord ließen sich jedoch auch Suspensionswolken von bis zu ca. 25km Länge beobachten.

Die Verteilung der Suspensionswolken zeigt eine deutliche Bevorzugung der Ostküste des Woodfjords (vgl. Abb. 4.1.3). Suspensionswolken kleinerer, lateraler Auslässe des Woodfjords, wie auch Suspensionswolken aus dem Bock- und Liefdefjord, gliedern sich

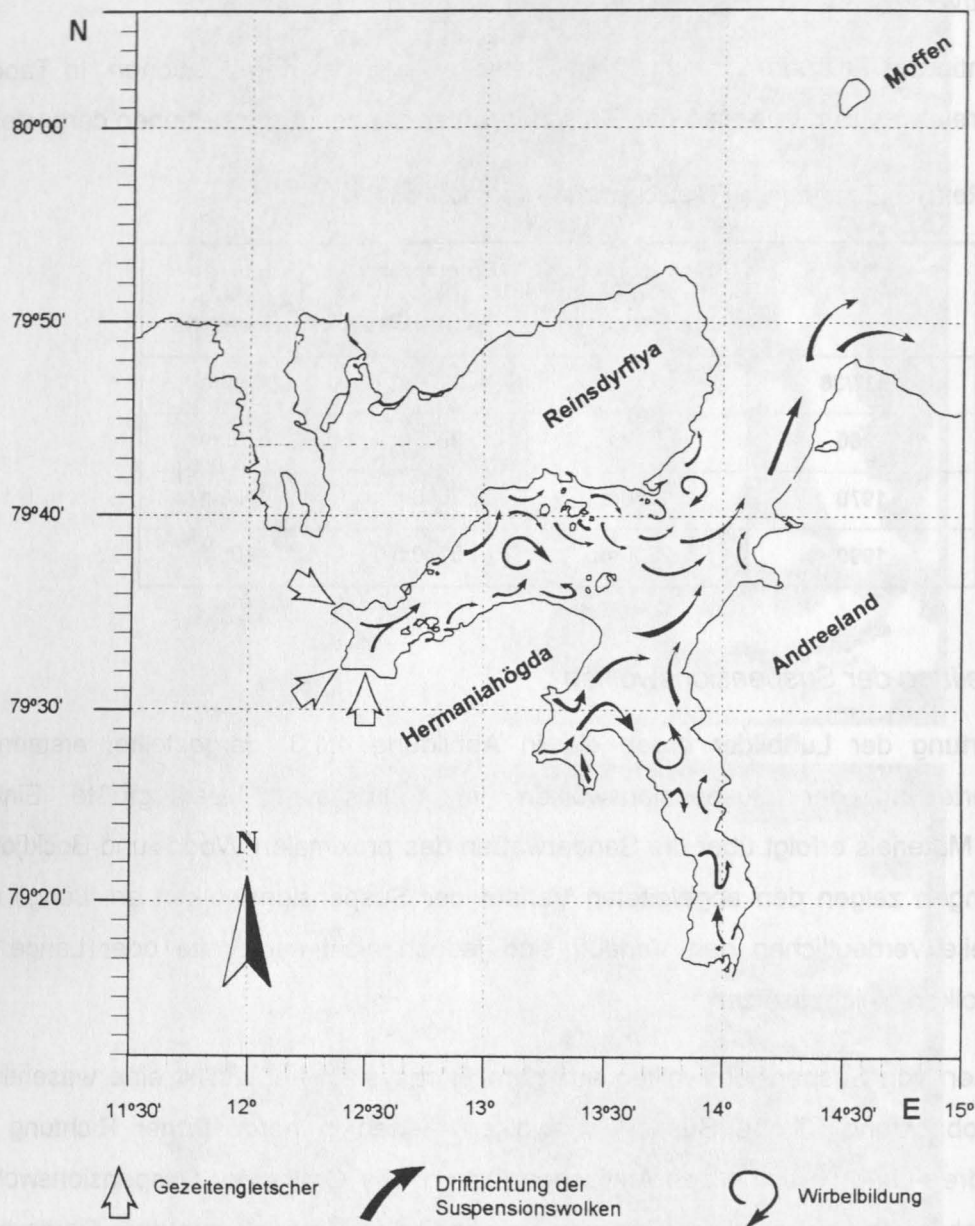
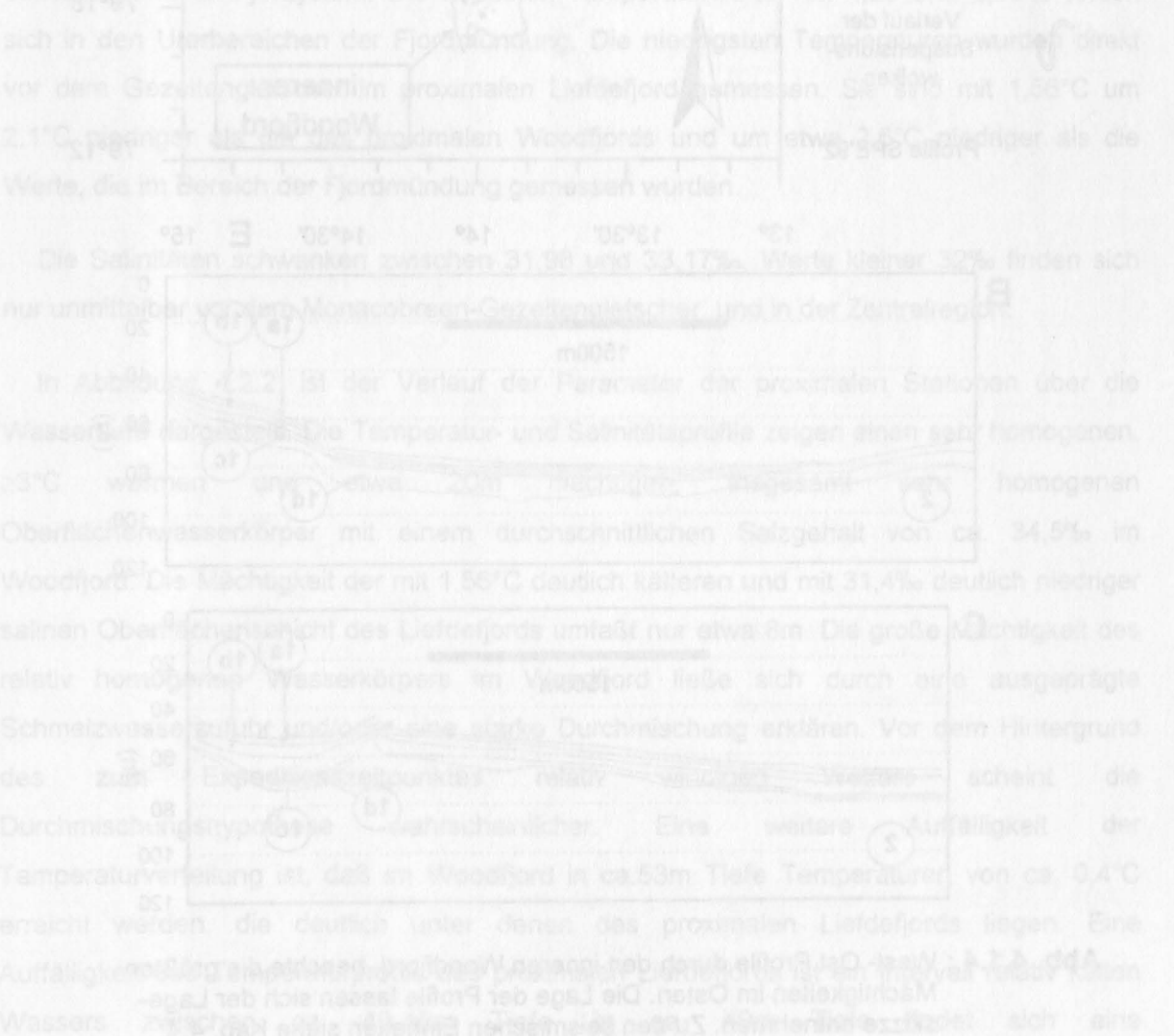


Abb. 4.1.3.: Auswertung der Luftbilder der Jahre 1938 bis 1990: Driftrichtungen der Suspensionswolken im Fjordsystem. Besonders zu beachten sind der Ausstrom der Suspensionswolken aus dem Fjordsystem im NE-Mündungsbereich und die Wirbelbildungen in den Bereichen der Zusammenflußregionen des Wood- und Liefdefjordes, des Bock- und Woodfjords sowie des inneren Woodfjords.

denen des inneren Woodfjords an. Dieses Verteilungsmuster bleibt über den gesamten dokumentierten Zeitraum erstaunlich konstant und läßt auf die Existenz eines sehr ortsfesten Strömungssystems schließen.

Innerhalb des Fjordsystems treten drei ortsfeste Wirbel auf: Zwei zyklonal drehende Wirbel nördlich der Zusammenflußregion des Wood- und Liefdefjords und im mittleren Liefdefjord sowie ein antizyklonal drehender Wirbel südlich der Zusammenflußregion des Wood- und Bockfjords (vgl. Abb. 4.1.3.).

Die beobachtete Konstanz der Verteilung der Suspensionswolken über die Zeit suggeriert eine, dem Verlauf der Suspensionswolken entsprechende, Verteilung der jungen Sedimente (seismische Einheit 1) im Fjordsystem. Zu beobachten ist dieses Phänomen allerdings nur im inneren Woodfjord. Abbildung 4.1.4. zeigt drei Querprofile durch den inneren Woodfjord, in denen die asymmetrische Verteilung der Sedimente mit größeren Mächtigkeiten im östlichen Bereich zu sehen sind.



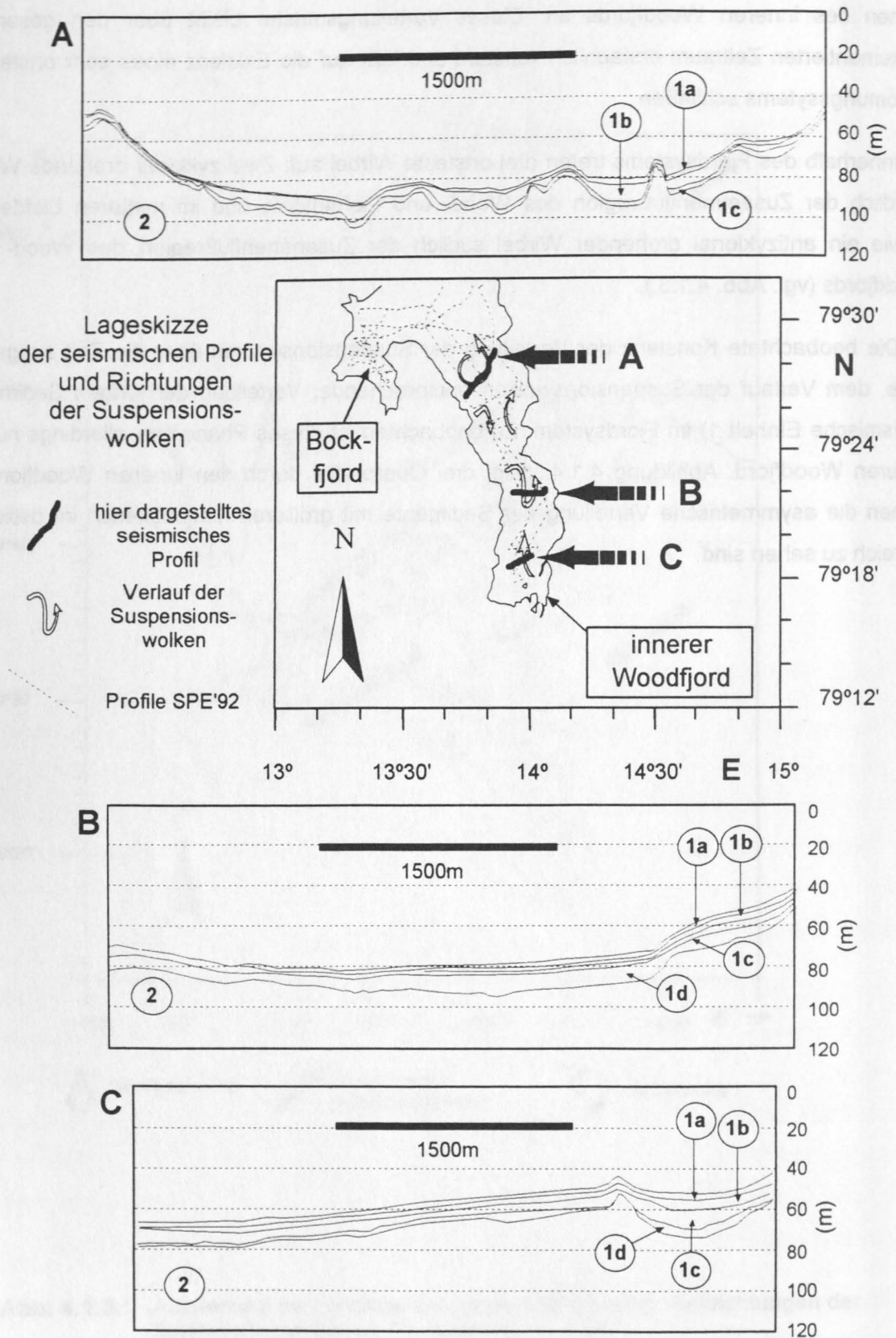


Abb. 4.1.4.: West- Ost Profile durch den inneren Woodfjord, beachte die größten Mächtigkeiten im Osten. Die Lage der Profile lassen sich der Lage-skizze entnehmen. Zu den seismischen Einheiten siehe Kap. 4.4.

4.2. Ozeanographie

Im Zuge der NP'94-Expedition wurden insgesamt 13 CTD-Stationen durchgeführt. Mit der Aufnahme der ozeanographischen Parameter des Fjordsystems sollte neben der Klärung der Frage, ob der West-Spitzbergenstrom Einfluß auf das Fjordsystem besitzt, die Internschichtung des Wasserkörpers erfaßt werden. Ein weiterer Aspekt war die Identifikation sog. „cold tongues“ im gletscherproximalen Milieu. Eine „cold tongue“ ist ein entsprechend seiner Dichte im Fjordwasser eingeschichteter Schmelzwasserkörper, in welchem erhebliche Mengen suspendierten Sediments transportieren werden können (MENZIES 1995). Ein weiterer Aspekt war die Kontrolle des aus den Luftbildern abgeleiteten Verlaufs der Suspensionswolken.

Abbildung 4.2.1. zeigt eine ungleichmäßige Verteilung der Oberflächentemperatur- und -salinitätswerte im Fjordsystem. Die höchsten Temperaturwerte von 4,23 und 4,19°C finden sich in den Uferbereichen der Fjordmündung. Die niedrigsten Temperaturen wurden direkt vor dem Gezeitengletscher im proximalen Liefdefjord gemessen. Sie sind mit 1,56°C um 2,1°C niedriger als die des proximalen Woodfjords und um etwa 2,6°C niedriger als die Werte, die im Bereich der Fjordmündung gemessen wurden.

Die Salinitäten schwanken zwischen 31,98 und 33,17‰. Werte kleiner 32‰ finden sich nur unmittelbar vor dem Monacobreen-Gezeitengletscher und in der Zentralregion.

In Abbildung 4.2.2. ist der Verlauf der Parameter der proximalen Stationen über die Wassertiefe dargestellt. Die Temperatur- und Salinitätsprofile zeigen einen sehr homogenen, $\geq 3^{\circ}\text{C}$ warmen und etwa 20m mächtigen, insgesamt sehr homogenen Oberflächenwasserkörper mit einem durchschnittlichen Salzgehalt von ca. 34,5‰ im Woodfjord. Die Mächtigkeit der mit 1,56°C deutlich kälteren und mit 31,4‰ deutlich niedriger salinen Oberflächenschicht des Liefdefjords umfaßt nur etwa 8m. Die große Mächtigkeit des relativ homogenen Wasserkörpers im Woodfjord ließe sich durch eine ausgeprägte Schmelzwasserzufuhr und/oder eine starke Durchmischung erklären. Vor dem Hintergrund des zum Expeditionszeitpunktes relativ windigen Wetters scheint die Durchmischungshypothese wahrscheinlicher. Eine weitere Auffälligkeit der Temperaturverteilung ist, daß im Woodfjord in ca. 53m Tiefe Temperaturen von ca. 0,4°C erreicht werden, die deutlich unter denen des proximalen Liefdefjords liegen. Eine Auffälligkeit des Temperaturprofils des proximalen Liefdefjords ist ein Intervall relativ kalten Wassers zwischen ca. 40-48m Tiefe. In ca. 40m Tiefe findet sich eine

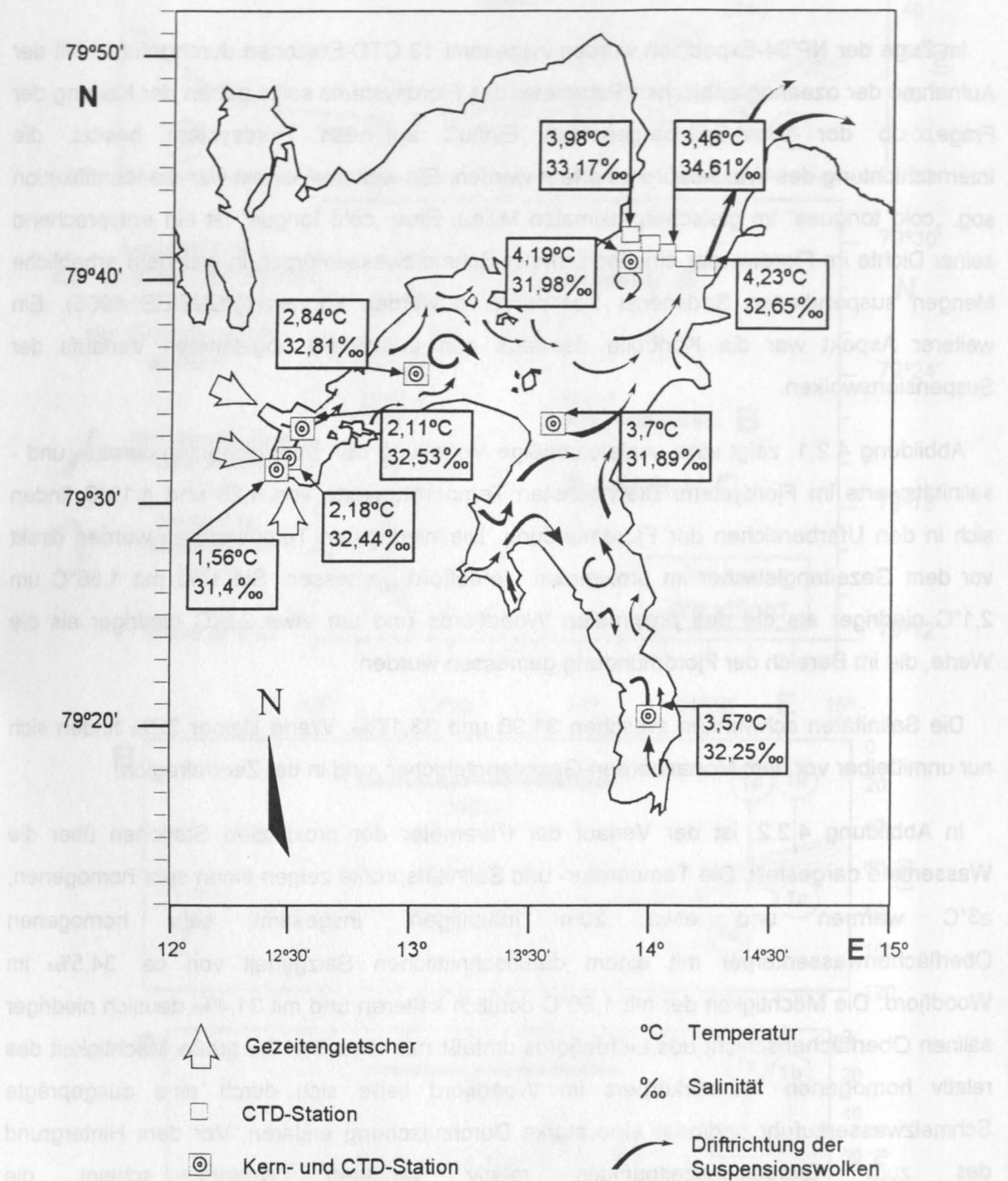
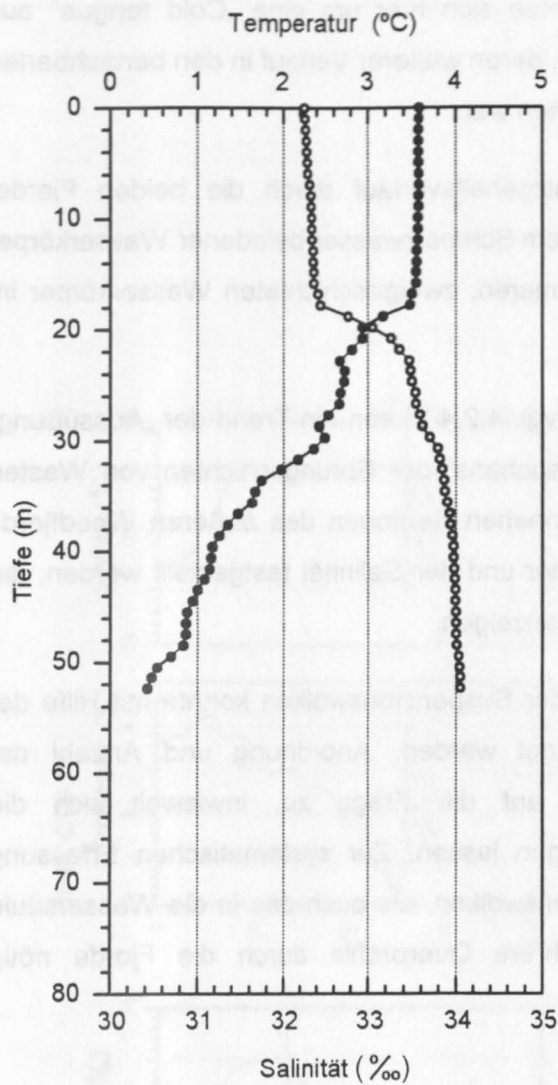
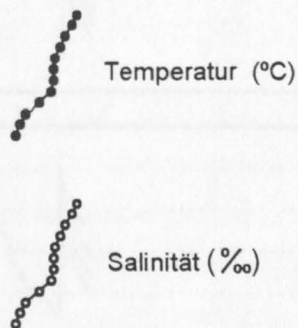
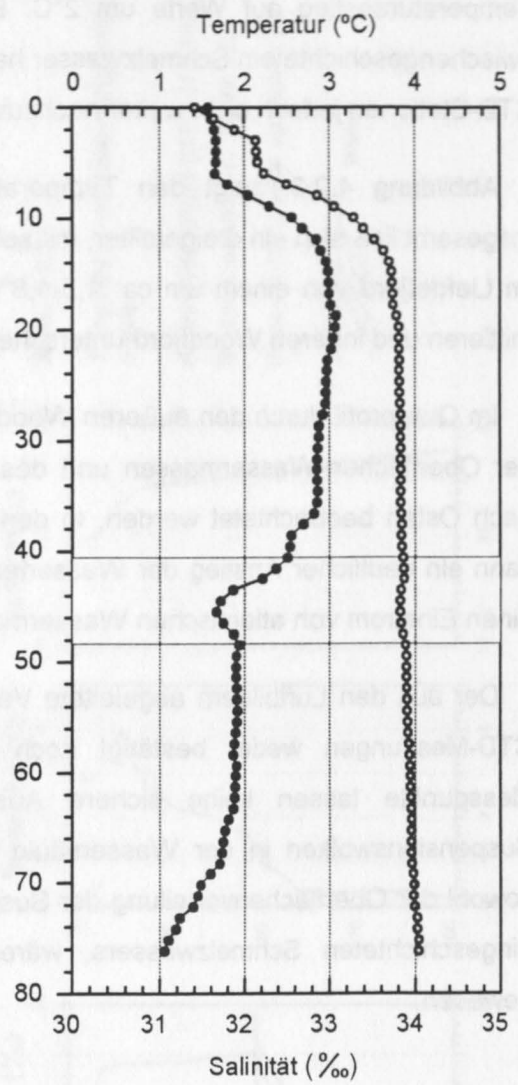


Abb.4.2.1.: Oberflächentemperatur und -salinitätsverteilung im Fjordsystem relativ zu den Driftrichtungen der Suspensionswolken (vgl. Abb. 4.1.3.)

CTD-Station 17
(proximaler Woodfjord)



CTD-Station 19
(proximaler Liefdefjord)



"Cold tongue"

Abb. 4.2.2.: Temperatur- und Salinitätsmessungen in den proximalen Fjordregionen.

sprunghafte Abnahme der Temperatur von Werten um 2,2-2,4°C auf Werte um 1,5°C, die denen der Wasseroberfläche entsprechen. Unterhalb von etwa 48m findet sich ein erneuter Temperaturanstieg auf Werte um 2°C. Es könnte sich hier um eine „Cold tongue“ aus zwischengeschichtetem Schmelzwasser handeln, deren weiterer Verlauf in den benachbarten CTD-Stationen jedoch nicht weiter nachzuvollziehen war.

Abbildung 4.2.3. zeigt den Temperatur-/Salzgehaltsverlauf durch die beiden Fjorde. Insgesamt ließ sich ein dreigeteilter, mit sehr kaltem Schmelzwasser beladener Wasserkörper im Liefdefjord von einem um ca. 1,5-1,8°C wärmeren, zweigeschichteten Wasserkörper im mittleren und inneren Woodfjord unterscheiden.

Im Querprofil durch den äußeren Woodfjord (vgl. 4.2.4.) kann ein Trend der „Aussüßung“ der Oberflächen-Wassermassen und des „Auftauchens“ der Sprungschichten von Westen nach Osten beobachtet werden. In den bodennahen Regionen des äußeren Woodfjords kann ein deutlicher Anstieg der Wassertemperatur und der Salinität festgestellt werden, die einen Einstrom von atlantischen Wassermassen anzeigen.

Der aus den Luftbildern abgeleitete Verlauf der Suspensionswolken konnte mit Hilfe der CTD-Messungen weder bestätigt noch widerlegt werden. Anordnung und Anzahl der Messpunkte lassen keine sichere Aussage auf die Frage zu, inwieweit sich die Suspensionswolken in der Wassersäule verfolgen lassen. Zur systematischen Erfassung sowohl der Oberflächenverteilung der Suspensionswolken, als auch des in die Wassersäule eingeschichteten Schmelzwassers, wären mehrere Querprofile durch die Fjorde nötig gewesen.

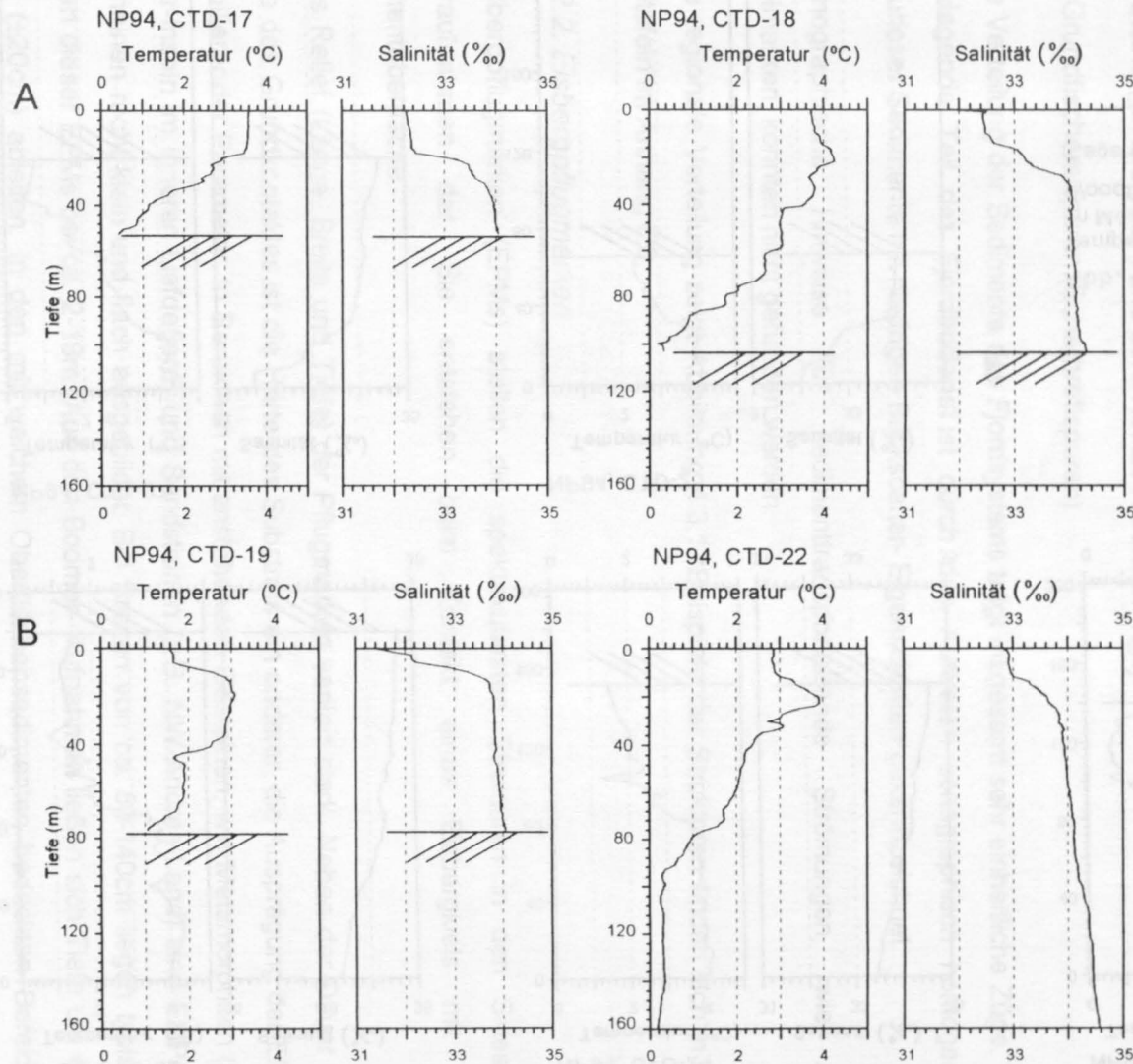


Abb. 4.2.3.:

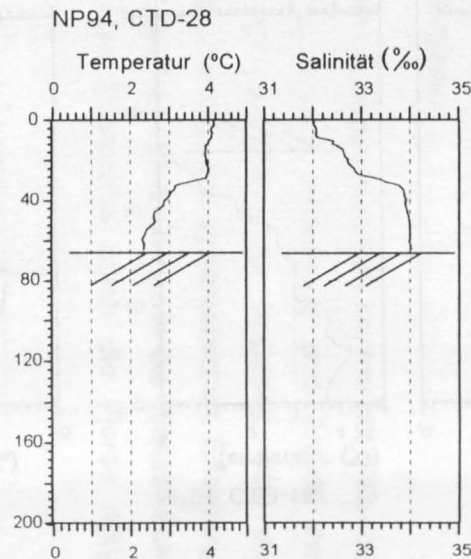
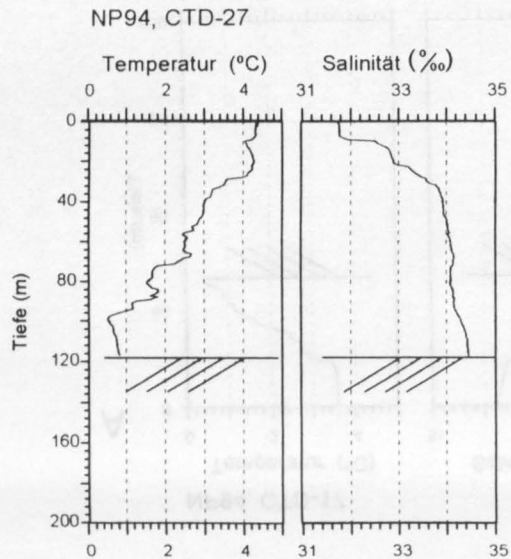
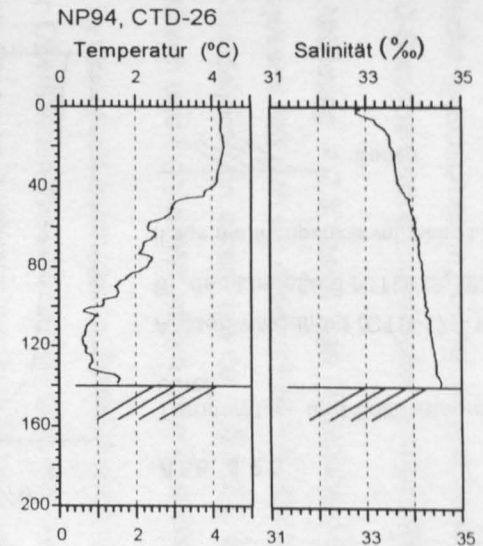
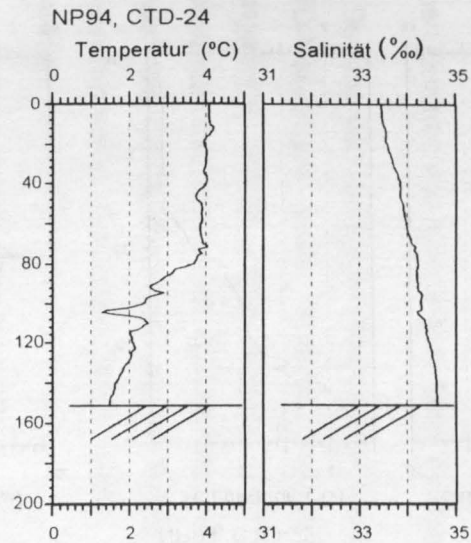
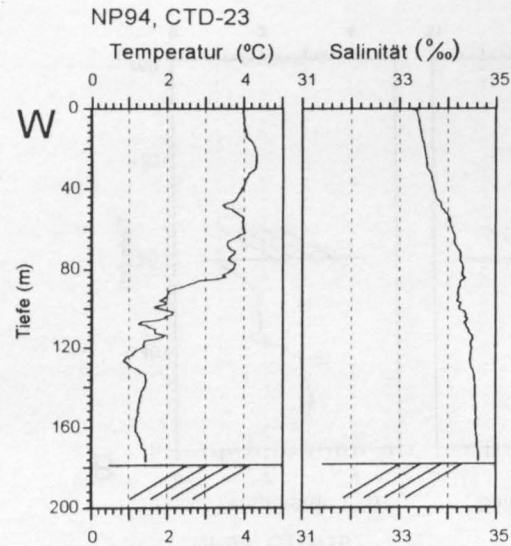
Temperatur- und Salinitätsprofile durch

A. den Woodfjord (CTD-17, -18)

B. den Liedefjord (CTD-19, -22)

(Lage der Meßpunkte vgl. Abb. 3.2.)

 Boden



E

Abb. 4.2.4.:

Temperatur- und Salinitätsprofil (W-E)
im Mündungsbereich des
Woodfjords.

(Lage der Meßpunkte vgl. Abb. 3.2.)



4.3. Sonographie

4.3.1. Bestandsaufnahme sonographischer Strukturen

Das Inventar der sonographisch definierten/definierbaren Strukturen umfaßt

- Eisbergpflugmarken
- Rutschungen
- subaquatisch ausstreichendes Grundgebirge: Metamorphite und Sedimentgesteine
- Bereiche („Flecken“) erhöhter Reflektivität („dark patches“)
- Steine („Dropstones“) und deren lokale Anreicherungen
- Grundfischereispuren (Scherbrettspuren)

Die Verteilung der Sedimente des Fjordsystems trägt insgesamt sehr einheitliche Züge. Der überwiegende Teil des Fjordbodens ist durch das Auftreten sonographisch homogener, strukturloser Sedimente mit niedrigen Backscatter- Eigenschaften gekennzeichnet.

Sonographische Hinweise für sedimenttransportierende Strömungen, wie z.B. Rippelmarken, konnten nicht gefunden werden.

Die regionale Verteilung zeigt Abbildung 4.3.1. Beispiele der Strukturen finden sich in den Phototafeln im Anhang 7.6.

4.2.2. Eisbergpflugmarken

Eisbergpflugmarken (EPMs) stellen die spektakulärsten Strukturen in den Sidescan Sonaraufnahmen dar. Sie entstehen beim Kontakt eines Eisbergkiels mit der Sedimentoberfläche.

Das Relief (Länge, Breite und Tiefe) der Pflugmarken variiert stark. Neben der Dauer und Stärke des Grundkontaktes ist die Härte des Substrats ein anderer, die Ausprägung der EPMS kontrollierender Parameter. In Bereichen mit anstehenden Gesteinen, wie Metamorphiten (z.B. Lerner-Inseln im inneren Liefdefjord) und Sandsteinen (z.B. NW-Andree-Land) sind EMPs im allgemeinen recht klein und flach ausgebildet. Bei Breiten von ca. 80-140cm liegen typische Längen dieser EPMS bei ca. 2-18m. Aus den Boomer- Aufnahmen ließen sich Tiefe um etwa 50cm (± 20 cm) ableiten. In den mit weichem Oberflächensedimenten bedeckten Bereichen ergaben Vermessungen auch eine erheblich größere Varianz. So fanden sich typische Längen von ca. 20-80m, Breiten von ca. 0,8-5m und Tiefen von ca. 1-2m (± 20 cm).

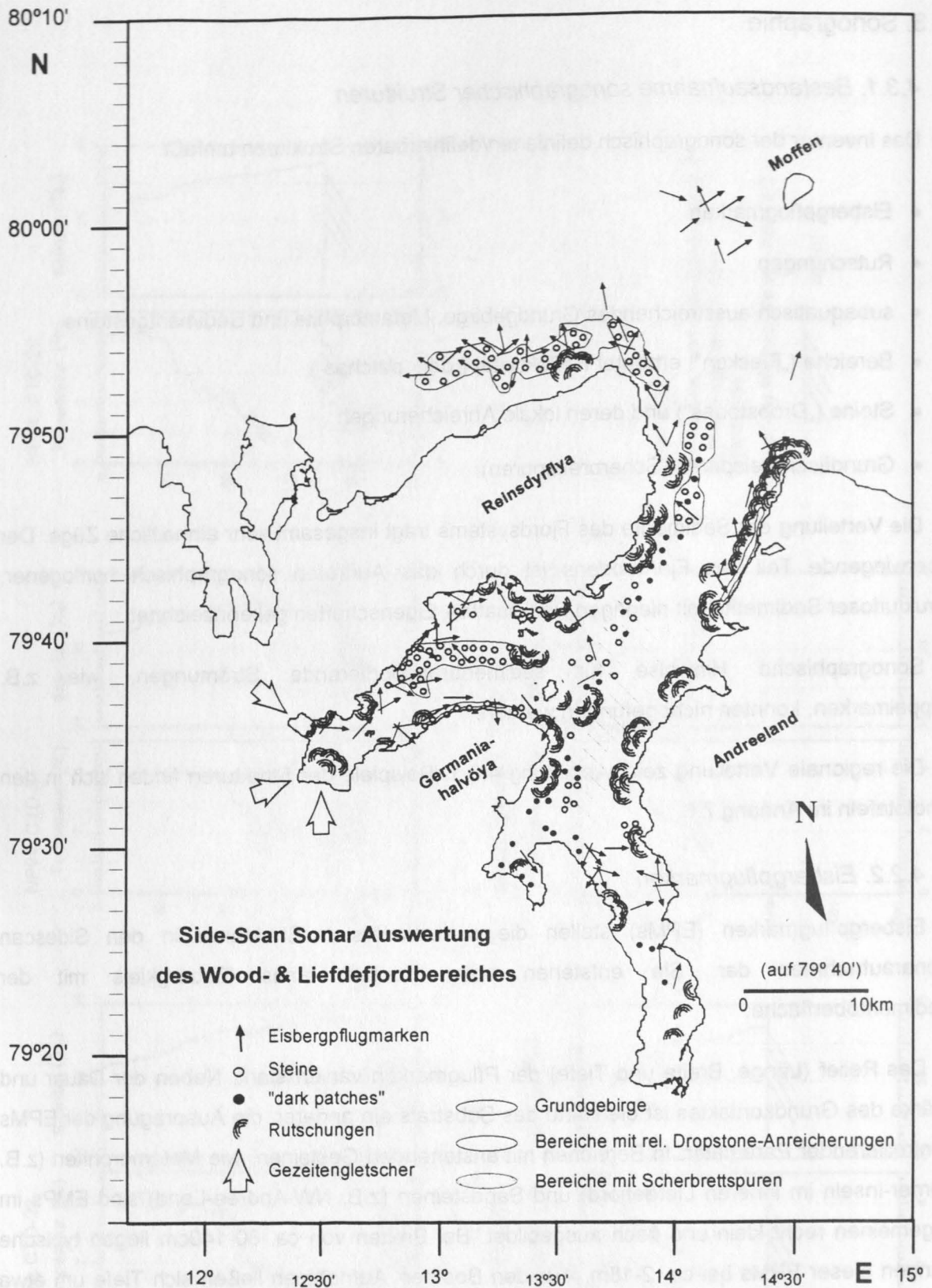


Abb. 4.3.1: Sonographieauswertungskarte des Wood- und Liefdefjordbereiches.

Ein Charakteristikum der an den Fronten der Gezeitengletschern Svalbards gebildeten Eisberge ist deren stark unregelmäßige Form und Massenverteilung, die zu einem stark unterschiedlichen Schwimmverhalten mit entsprechend unterschiedlichem Eintauchen führt (DOWDESWELL 1989). Dieser Umstand verhindert eine rechnerische Bestimmungen der Tiefe der Eisberge (Eisbergkieltiefe) unter Verwendung einer mittleren Dichte. Beste Ergebnisse erzielten DOWDESWELL et al. (1993) und DOWDESWELL & FORSBERG (1993) mit der indirekten Methode der Tiefenbestimmung aus Sidescan Sonar Aufnahmen.

4.3.2.1. Richtungserfassung und -verteilung

Standardmäßig wurden Richtung und Tiefenlage der EPMs aufgenommen und zu lokalen EPM-Datensätzen zusammengefügt. Bei kurzen Profilen wurden die EPMs zu einem Datensatz, bei langen Profilen oder sehr vielen EPMs zu mehreren Datensätzen zusammengefaßt. Anschließend erfolgte eine Korrektur um den jeweiligen Schiffskurs und schließlich die Darstellung in Form von Richtungsrosen. Ergänzend kamen die Parameter Länge, Breite und Tiefe der einzelnen Pflugmarken hinzu.

Die Richtungsverteilung der Eisbergpflugmarken zeigt Abbildung 4.3.2. Mit Ausnahme des Bockfjords finden sich neben einem Maximum in küstenparalleler Richtung meist mehrere unterschiedlich stark ausgeprägte Richtungen.

Typisch für die Richtungsverteilung der Nordwestküste des Liefdefjords ist das Auftreten von nahezu senkrecht aufeinander stehenden Richtungen, von der eine die küstenparallel ausgebildet ist. An der Nordwestküste des inneren Liefdefjords ist eine senkrecht dazu auftretende Richtung als Maximum ausgeprägt (vgl. Abb. 4.3.2.). An der Südküste des Liefdefjords stellt die küstenparallele Richtung stets das Maximum. Gleiches gilt für den Bock- und inneren Woodfjord sowie für die Küste des Andree-Landes (Ostküste des Woodfjords). Deutliche Richtungsvarianzen treten nur in Wassertiefen kleiner ca. 35 m auf. Diese Flachwasserbereiche finden sich neben den Küsten auf den Schwellenregionen im inneren Woodfjord, der sog. „Bockfjord-Schwelle“.

4.2.2.2. Relative zeitliche Differenzierung

Die Ableitung einer relativen zeitlichen Differenzierung der Eisbergpflugmarken beruht auf den Grundannahmen, daß Eisberge in Abhängigkeit von ihrer Größe nur bis zu einer bestimmten Wassertiefe in der Lage sind, Pflugmarken in der Sedimentoberfläche zu hinterlassen und daß sich seit der Bildung der Stand des Meeresspiegels veränderte. Dementsprechend sind Häufungen von Pflugmarken in bestimmten Tiefenintervallen auf zeitlich nah beieinander liegende Bildungsereignisse bei bestimmten Meeresspiegelständen zurückzuführen.

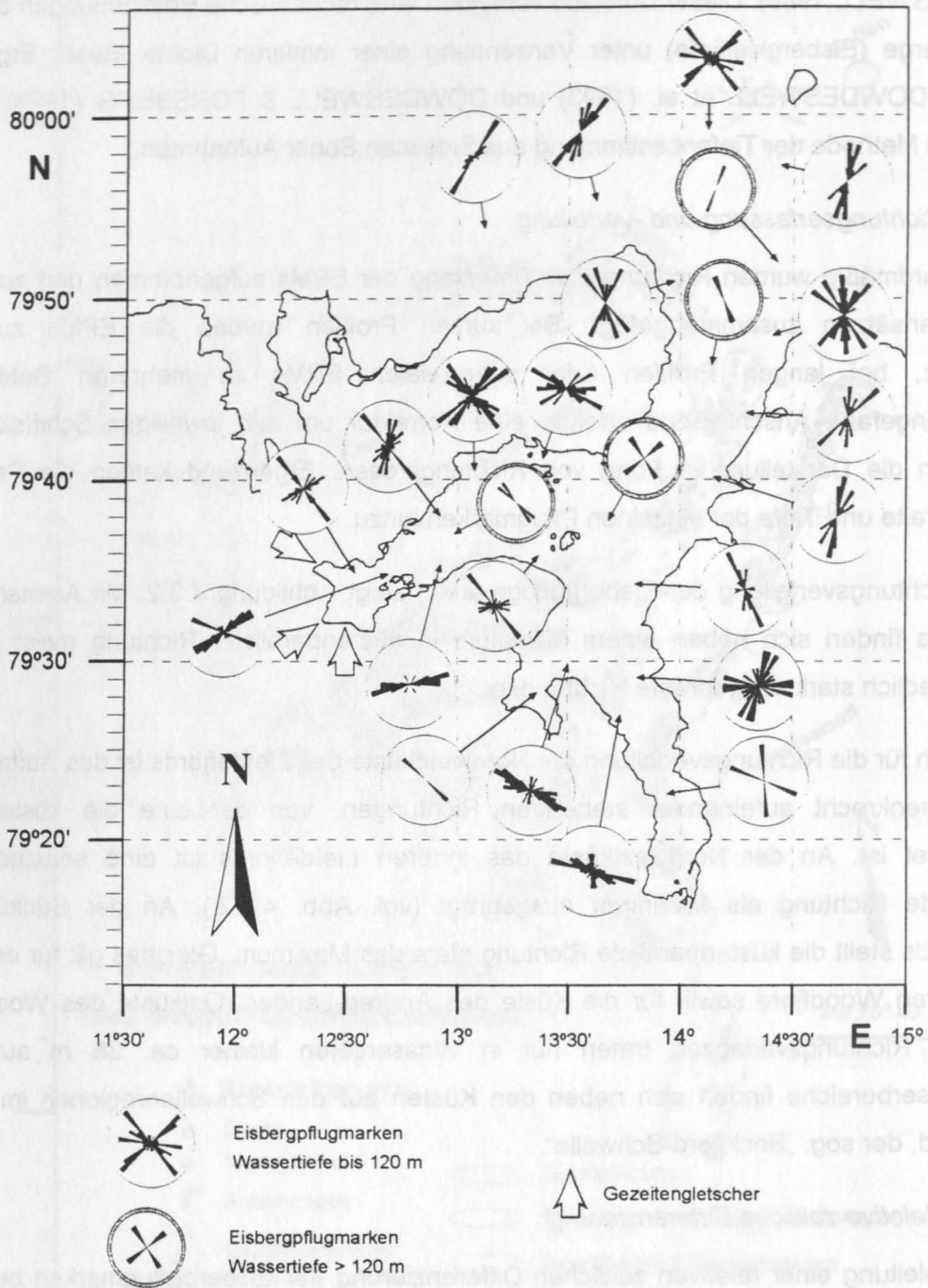


Abb. 4.3.2: Auswertung der Side-Scan Sonar Aufzeichnungen:
Eisbergpflugmarken als Richtungsrosen

Ein anderes Kriterium der relativen Alterseinstufung ist das „Verwischen“ der Schärfe der Pflugmarkenkonturen durch postgenetische Akkumulation von Sediment. Die Konturschärfe muß jedoch relativ zum Umgebungsmilieu betrachtet werden. So sind die Konturen im härteren Sediment und auf anstehendem Gestein per se deutlicher als im weichen Sediment ausgebildet und die postgenetische Akkumulation von Sediment führte zu unterschiedlichen Ausprägungen der Unschärfe der EPMs. Eine Differenzierung wurde dementsprechend lokal und vor dem Hintergrund der jeweilig umgebenden Lithologie vorgenommen.

Um eine mögliche Tiefenabhängigkeit der EPMs festzustellen, wurden deren Vorkommnistiefen gegen die Anzahl von Pflugmarken in 10m Intervallen aufgetragen. Abbildung 4.3.3. zeigt die resultierende Tiefenverteilung. Mit absoluten Häufigkeiten von ≥ 50 EPMs/10m findet sich bei den „rezenten“ Pflugmarken eine deutliche Häufung im Tiefenbereich 10-80m. Innerhalb dieses Tiefenbereichs liegt das Häufigkeitsmaximum mit 315 EPMs/10m im Intervall 30-40m. Unterhalb von 40m nimmt die Häufigkeit des Auftretens der EPMs im Tiefenintervall 40-50m abrupt auf einen Wert von 159 EPMs/10m ab. Im Tiefenbereich 50-80m findet sich dann eine lineare Abnahme der EPMs/10m bis auf einen Wert von 74 EPMs/10m. Unterhalb einer Tiefe von 80m läßt sich erneut eine abrupte Abnahme der Häufigkeiten auf Werte ≤ 15 EPMs/10m. Die 40m Tiefenmarke kann somit als unteres Limit der rezent gebildeten Eisberge abgeleitet werden.

4.3.3. Rutschungen

Rutschungen ließen sich in allen Tiefen des Fjordsystems beobachten. Ein Blick auf die Verteilungskarte der sonographischen Strukturen (Abbildung 4.3.1.) zeigt, daß sie gehäuft in den Bereichen auftreten, in denen viel suspendiertes Sediment angeliefert wird. Das ist insbesondere in den Mündungsbereichen lateraler Zuflüsse des Woodfjords (z.B. Kap Kjeldsen), im inneren Woodfjord, an der NW-Küste des Andreelands und sowie im proximalen Liefdefjord der Fall.

Die Größe der Rutschungen und deren Loben variieren lokal stark. Besonders großräumige Rutschungen finden sich vor Schwemmfächern (z.B. Ostufer des inneren Woodfjords) Intratidaldeltas (in den Proximalbereichen des Wood- und Bockfjordes) und vor dem Monacobreen Gezeitengletscher. Vor Monacobreen ziehen sich mehrere Rutschungsloben über eine Gesamtbreite von ca. 8km. Aus dem Auftreten der Loben kann auf einen subglazialen bodennahen Abfluß sedimentbeladener Schmelzwässer geschlossen werden (POWELL & MOLNIA 1989). Eine Abhängigkeit des Auftretens von Rutschungen zur Morphologie kann nicht abgeleitet werden. Rutschungen treten sowohl in Bereichen mit Hangneigungen von $\leq 5^\circ$ (direktes Vorfeld von Monacobreen) auf, wie auch in den mit

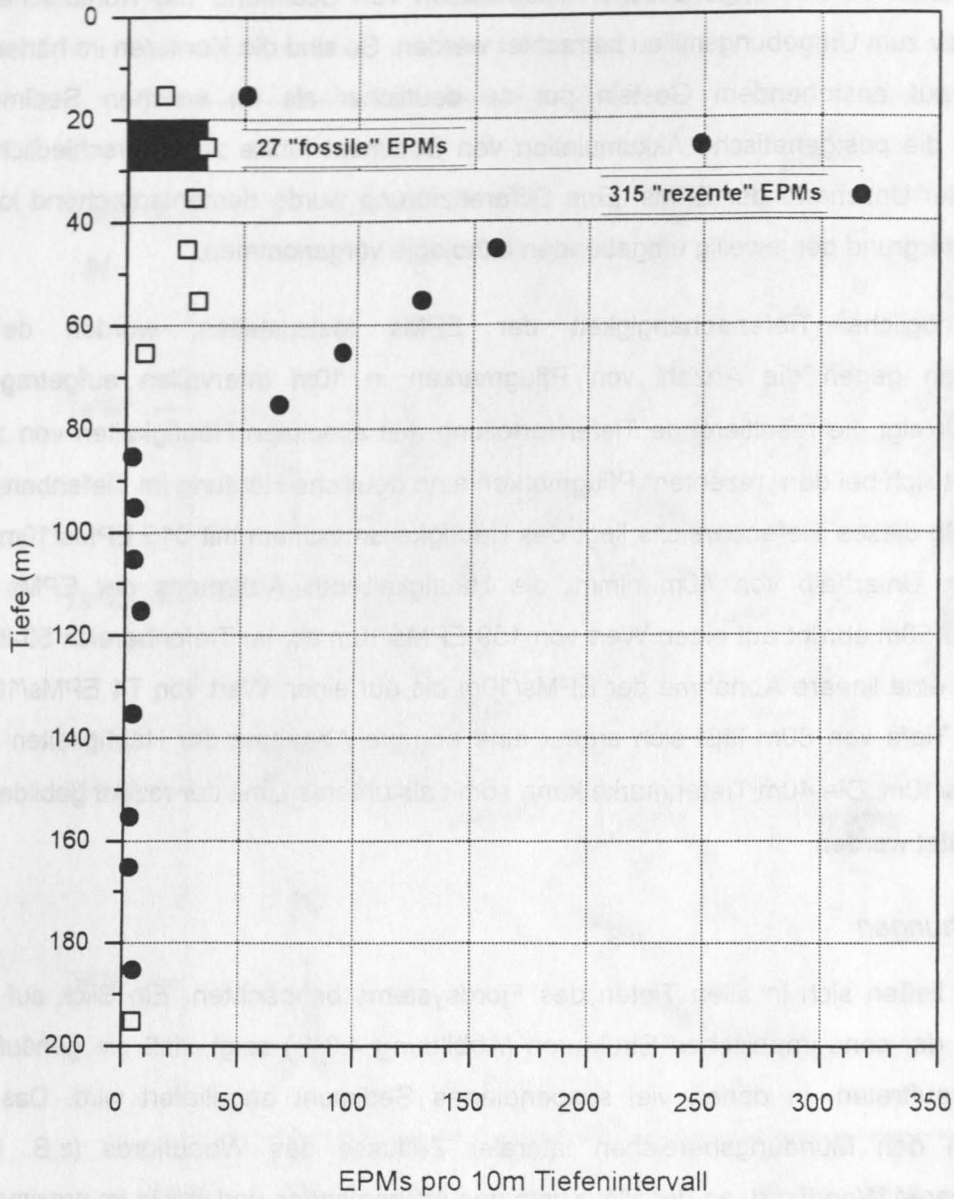


Abb. 4.1.4.: Tiefenabhängigkeit der Eisbergflugmarken (EPMs) in Absolutwerten pro 10m Tiefenintervall. Die jeweiligen Maximalwerte sind mit dem entsprechenden Wert graphisch hervorgehoben.

Hangneigungen $\geq 15^\circ$ steileren Regionen der Ostküste der Reinsdyrflya und der Germaniahälvyöa.

Auffällig ist das gehäufte Auftreten von Rutschungen in Bereichen, in denen devonische Sandsteine anstehen und deren Verwitterungsprodukte in den Fjord eingetragen werden und progradierende Schwemmfächer ausbilden. Eine weitere Auffälligkeit ist das gehäufte Auftreten von Rutschungen in den Bereichen, die in Reichweite der Suspensionswolken liegen.

4.3.4. Subaquatisch ausstreichendes Grundgebirge

Subaquatisch ausstreichendes, bzw. anstehendes Grundgebirge findet sich nur in wenigen Bereichen des Fjordsystems. In der Verteilungskarte (Abb. 4.3.1.) sind jedoch nur Regionen größer als ca. 20m² dargestellt.

Eine sonographische Differenzierung zwischen Sandsteinen und Metamorphiten war vielfach über die Identifikation von saiger stehenden Sandsteinpaketen möglich (vgl. Anhang 7.5.).

4.3.5. Bereiche höherer Reflektivität („dark patches“)

Ein im Woodfjord vermehrt auftretendes sonographisches Phänomen stellen rundlich - ovale Bereiche höherer Reflektivität dar. Diese Bereiche erhielten die Bezeichnung „dark patches“ („dunkle Flecken“), unter der sie auch in die Strukturverteilungskarte aufgenommen wurden.

Der Durchmesser dieser Strukturen variiert zwischen ca. 2-20m. Außer den Sonographien existieren keine weiteren Dokumentationen dieser Strukturen. Relative Häufungen finden sich im Zusammenflußbereich des Wood- und Liefdefjords und in der Zusammenflußregion des Bock- und Woodfjords (vgl. Abb. 4.3.1.).

Versuche der Klassifikation durch Vergleiche mit anderen Sonographien erbrachten, daß bisher keine vergleichbaren Strukturen beschrieben wurden. Die Backscatter-Eigenschaften der Flecken erinnern an Molluskenhabitate. Gegen diese spricht, daß sich bei den Flecken keine vertikale Ausdehnung feststellen ließ (frdl. mündl. Mitt. WERNER, GPI). Eine endgültige Klärung ließe sich nur durch eine gezielte Beprobung erreichen.

4.3.6. Steine

Steine verschiedener Größe lassen sich in nahezu allen Bereichen des Fjordsystems sonographisch dokumentieren. Die Größe der kartierten Steine variiert von einigen Dezimetern bis hin zu Blockschutt von mehreren Metern Durchmesser.

Als Bereiche mit äußerst spärlicher Belegungsdichte lassen sich die proximalen Deltabereiche des Wood- und Bockfjords ausweisen. Lokationen mit erhöhter Belegungsdichte befinden sich im mittleren Liefdefjord sowie im Mündungsbereich des Woodfjords (vgl. Abb. 4.3.1.).

4.3.7. Grundfischereispuren (Scherbrettspuren)

Im Bereich des mittleren Woodfjords vermehrt, im äußeren Woodfjord seltener finden sich Spuren von Grundfischerei. Es handelt sich dabei um Schleifspuren sog. Scherbretter, die dazu dienen, das Schleppnetz offen zu halten (vgl. Phototafel im Anhang 7.5.). Die Bereiche mit vermehrtem Auftreten von Scherspuren lassen sich Abb. 4.3.1. entnehmen.

4.4. Seismik

4.4.1. Bathymetrie

Auf der Grundlage der Profildaten beider Expeditionen wurde die in Abbildung 4.4.1. dargestellte bathymetrische Karte erstellt. Das Fjordsystem besitzt eine morphologische Gliederung in 7 Teilbecken: die drei Becken des Liefdefjords mit Wassertiefen von 100, 180 und 214m (von West nach Ost), die vier Becken des Woodfjords mit Wassertiefen von 60, 120, 221 und 160m (von Süd nach Nord) sowie das Lateralbecken des Bockfjords mit einer Wassertiefe von 80m. Die größten Wassertiefen des Fjordsystems werden in den Mündungsbereichen des Liefdefjords und des Woodfjords erreicht. Sie betragen 214 bzw. 221m.

4.4.2. Definition seismischer Einheiten

a. Flachseismik (3,5kHz, Boomer)

Die 3,5kHz und Boomer-Aufzeichnungen werden vor dem Hintergrund ähnlicher akustischer Impedanz-Eigenschaften als „Flachseismik“ zusammen behandelt. Sie ergänzt die Airgun-Aufzeichnungen im oberflächennahen Bereich. Dieser lag unterhalb ihrer Auflösungsmöglichkeiten. Mit flachseismischen Methoden wurde die seismische Einheit 1 definiert und insgesamt in drei Untereinheiten unterteilt. Die Verbreitung und Anordnung der Einheiten zueinander wird anhand von Längsprofilen durch die Fjorde beschrieben. Abbildung 4.4.3. zeigt die Interpretation eines Längsprofils durch den Woodfjord (Profil NP94-901), Abbildung 4.4.4. die zweier Längsprofile durch den Liefdefjord (4.4.4.a.: NP'94 Profil NP94-903 und 4.4.4.b.: SPE'92- Profil Y-U).

In Tabelle 4.4.1. sind die Definitionscharakteristika der flachseismischen Einheiten dargestellt. Im Anhang 7.7.B. findet sich eine Zuordnung der Interpretationen der seismischen Einheiten zu Beispielen aus den Originalaufzeichnungen.

b. Tiefenseismik (Airgun)

Im Arbeitsgebiet konnten insgesamt 10 tiefenseismische Einheiten großräumiger Verbreitung unterschieden werden. Deren Anordnung und Bezug zueinander ist in den Längsprofilen durch den Woodfjord (NP94-901) und den Liefdefjord (NP94-903) dargestellt. Die Lage der Profile läßt sich Abbildung 4.4.2. entnehmen. Abbildungen 4.4.5. (NP94-901) und 4.4.6. (NP94-903) zeigen die Interpretation der Profile. Abbildung 4.4.7. gibt die Verteilung der seismischen Einheiten im System Fjord, Kontinentalschelf und Kontinentalhang (SSW-NNE)

Tabelle 4.4.1.: Definitionscharakteristika der seismischen Einheiten: Flachseismik

	Transparenz	interne Strukturen	Mächtigkeit	Verbreitung / Auftreten	genetische Interpretation	Bemerkung
Einheit 1a	transparent-semitransparent	proximal-distal undeutlicher werdende akustische Laminaton; bereichsweise drapierend; sporadisch Diffraktionshyperbeln	maximal ca. 20m, durchschnittlich ca.2m	mit Ausnahme der „Surge-Zone“ von Monacobreen im gesamten Fjordsystem	Ausflockungssediment aus Suspensionswolken und fluviatiles Sediment aus Schlammströmen verschiedenen Sand-/Silt- und/oder Wassergehaltes	„Furnier“ über den gesamten Fjordboden; Repräsentation der modernen Sedimentationsprozesse
Einheit 1b	weitgehend transparent, proximal zunehmend semitransparent	weitgehend strukturlos, bereichsweise parallele-subparallele Reflektoren; sporadisch Diffraktionshyperbeln	maximal ca.20m, durchschnittlich ca.2m	nur im Wood- und im mittleren Liefdefjord	Ausflockungssediment aus Suspensionswolken einheitlicher Korngröße und/oder Wassergehalts	Sediment der Schmelzwasser eines stagnierenden oder sich zurückziehenden Gletschers
Einheit 1c	semitransparent-opak	weitgehend strukturlos bereichsweise Rutschungen und parallel-subparallel-deformierte Reflektoren, sporadisch Diffraktionshyperbeln	maximal ca. 30m, durchschnittlich ca.3m	bis auf das proximale Liefdefjord Becken im gesamten Fjordsystem	Sediment eisproximaler Prozesse mit eingelagertem Moränenmaterial	Sedimente die während der Rückzugsphase eines Gletschers sedimentiert oder die postsedimentär konsolidiert und/oder deformiert wurden
Einheit 1d	semitransparent	undeutlich laminiert	maximal ca. 15m, durchschnittlich ca. 8m	nur in der Zentralregion	Sediment eisdistaler Prozesse	Sediment der Schmelzwasser eines stagnierenden oder sich zurückziehenden Gletschers
Einheit 2	opak				akustisches Basement, tiefenseismische Einheit 2	

Tabelle 4.4.2.: Definitionscharakteristika der seismischen Einheiten: Airgunseismik

	Lagerung, interne Strukturen	Mächtigkeit	genetische Interpretation	Bemerkung
Einheit 2	chaotisch-massige Lagerung, viele Diffraktionshyperbeln vereinzelt subparallele und deformierte Reflektoren	maximal 48ms (mit 1800m/s \approx 44m), durchschnittliche Mächtigkeit ca. 30m	Till; bis zum Bockfjordriegel glaziales, in der Zentralregion proglaziales Sediment	Auftreten im Woodfjord und in der Zentralregion; Ablagerung durch einen Gletschervorstoß bis zum Bock-fjordfjordriegel (distale Moräne ?), Anlage der modernen Fjordmorphologie; Differenzierung zwischen proglazialen und glazialen Sedimenten seismisch nicht möglich
Einheit 2A	parallele-subparallele, z.T. wellige Reflektoren, lateral Rutschungsstrukturen	maximal 40ms (mit 1750m/s \approx 35m), durchschnittlich ca. 15m	glaziomarine Füllung eines lokalen Beckens	Auftreten begrenzt auf das Becken zwischen Wood- und Bockfjordriegel; Ablagerung vor einem stagnierenden Gletscher
Einheit 3	deformierte subparallel-parallele Reflektoren, bereichsweise chaotische Lagerung, Diffraktionshyperbeln	maximal 62ms (mit 1800m/s \approx 56m), durchschnittliche Mächtigkeit ca. 30m	Till; bis zum Liefdefjordriegel glaziales, in der Zentralregion proglaziales Sediment	Auftreten im Woodfjord und in der Zentralregion der Fjorde; Ablagerung durch einen Gletschervorstoß bis zum Liefdefjordriegel (distale Moräne ?); eine Differenzierung zwischen proglazialen und glazialen Sedimenten seismisch nicht möglich
Einheit4	wellige, subparallele Reflektoren	maximal 30ms (mit 1750m/s \approx 27m), durchschnittlich ca. 15m	glaziomarine Füllung eines lokalen Beckens in der Zentralregion	lokal begrenztes Auftreten in der Zentralregion
Einheit 5	chaotisch-massige Lagerung, Diffraktionshyperbeln	maximal 48ms (mit 1800m/s \approx 43m), durchschnittlich ca. 30m	Till	bildet die obere Einheit des Kontinentalschelfs, kann einem Gletschervorstoß zugeordnet werden, der bis an die Kante des Kontinentalschelfs geht.

Fortsetzung Tabelle 4.4.2.: Definitionscharakteristika der seismischen Einheiten: Airgunseismik

	Lagerung, interne Strukturen	Mächtigkeit	genetische Interpretation	Bemerkung
Einheit 5A	parallele-subparallele Reflektoren	maximal $\approx 40\text{ms}$ (mit $1750\text{m/s} \approx 35\text{m}$), durchschnittlich ca. 25m	glaziomarine Sedimente vor der Front eines stagnierenden Gletschers	lokal begrenztes Auftreten an der Fjordmündung und auf dem Kontinentalschelf; Gesamterstreckung in Profilrichtung ca. 45km
Einheit 6	Diffractionshyperbeln, bereichsweise deformierte, subparallele Reflektoren	maximale Mächtigkeit von ca. 60ms (mit $1800\text{m/s} \approx 54\text{m}$), durchschnittlich ca. 30m	Till, Ablagerung eines Gletschervorstoßes bis an die Kante des Kontinentalschelfs	unterste Tilleinheit auf dem Kontinentalschelf
Einheit 7	opak, sporadisches Auftreten von Internstrukturen (Diffractionshyperbeln und/oder Parallelstrukturen)		Basement	entsprechend der Rahmengenologie im Bereich der Lerner- und Make-/And-Inseln metamorphes, im übrigen Bereich devonisches Grundgebirge
Einheit A	massige, strukturlos- chaotische Lagerung, vereinzelt Diffractionshyperbeln, stark unregelmäßiges Relief	maximal 83ms (mit $1800\text{m/s} \approx 75\text{m}$), durchschnittlich ca. 63m	Till; Ablagerung jüngerer Gletscherfluktuationen	Auftreten im proximalen Becken des Liefdefjords
Einheit B	Wechselfolgen paralleler-subparalleler Reflektoren, bereichsweise massig-chaotische Lagerung, lokal Diffractions-hyperbeln	maximal 62ms (mit $1800\text{m/s} \approx 57\text{m}$), durchschnittlich ca. 52m	Wechselfolge aus Till und glaziomarinen Sedimenten	Auftreten nur im mittleren Liefdefjord zwischen Lerner- und Make-/Andinseln; Manifestation des Einflusses der Lateralgletscher des Liefdefjords

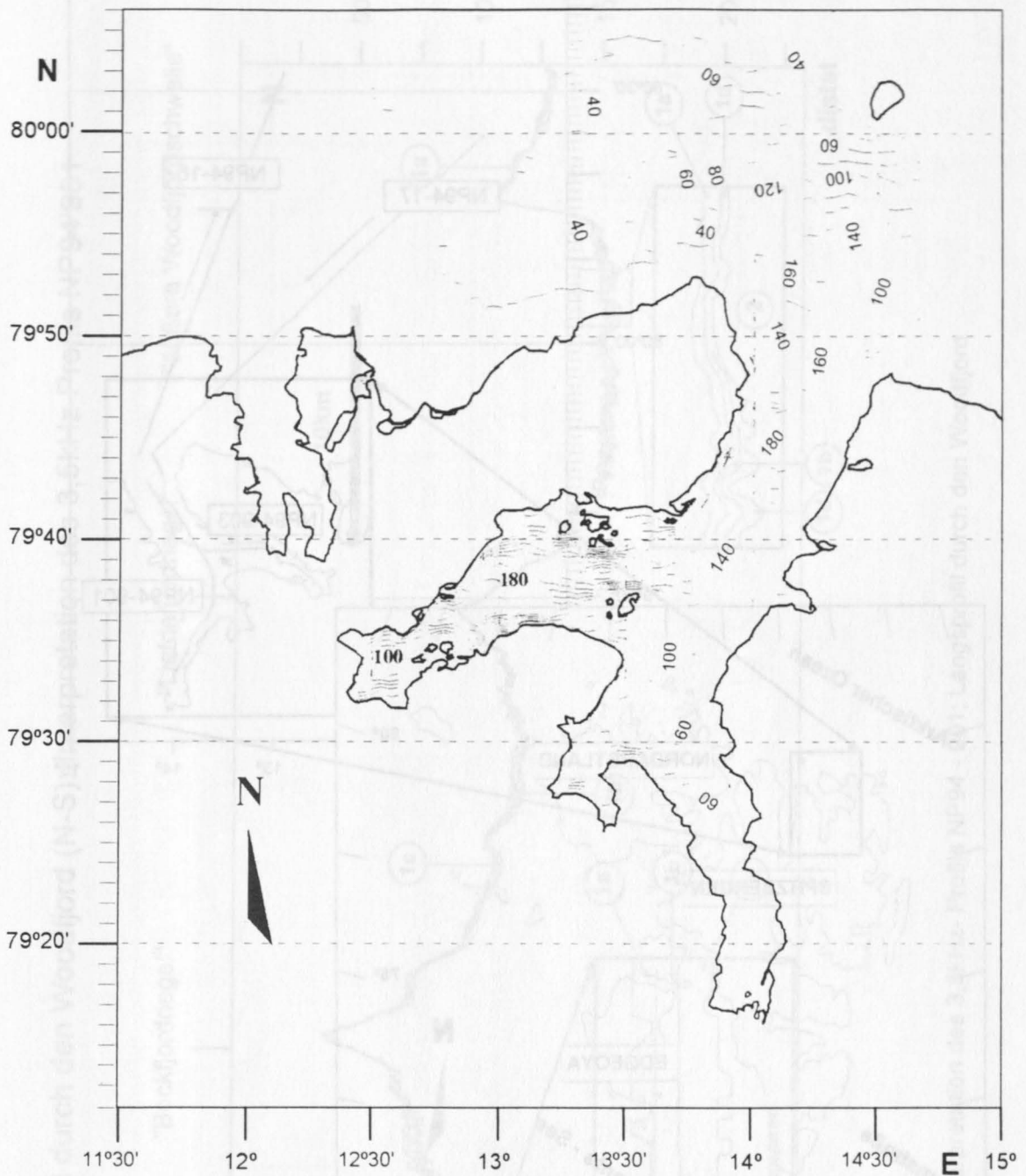


Abb. 4.4.1.: Bathymetrische Karte der Wood- und Liefdefjordregion (Tiefenlinienabstand 20m).

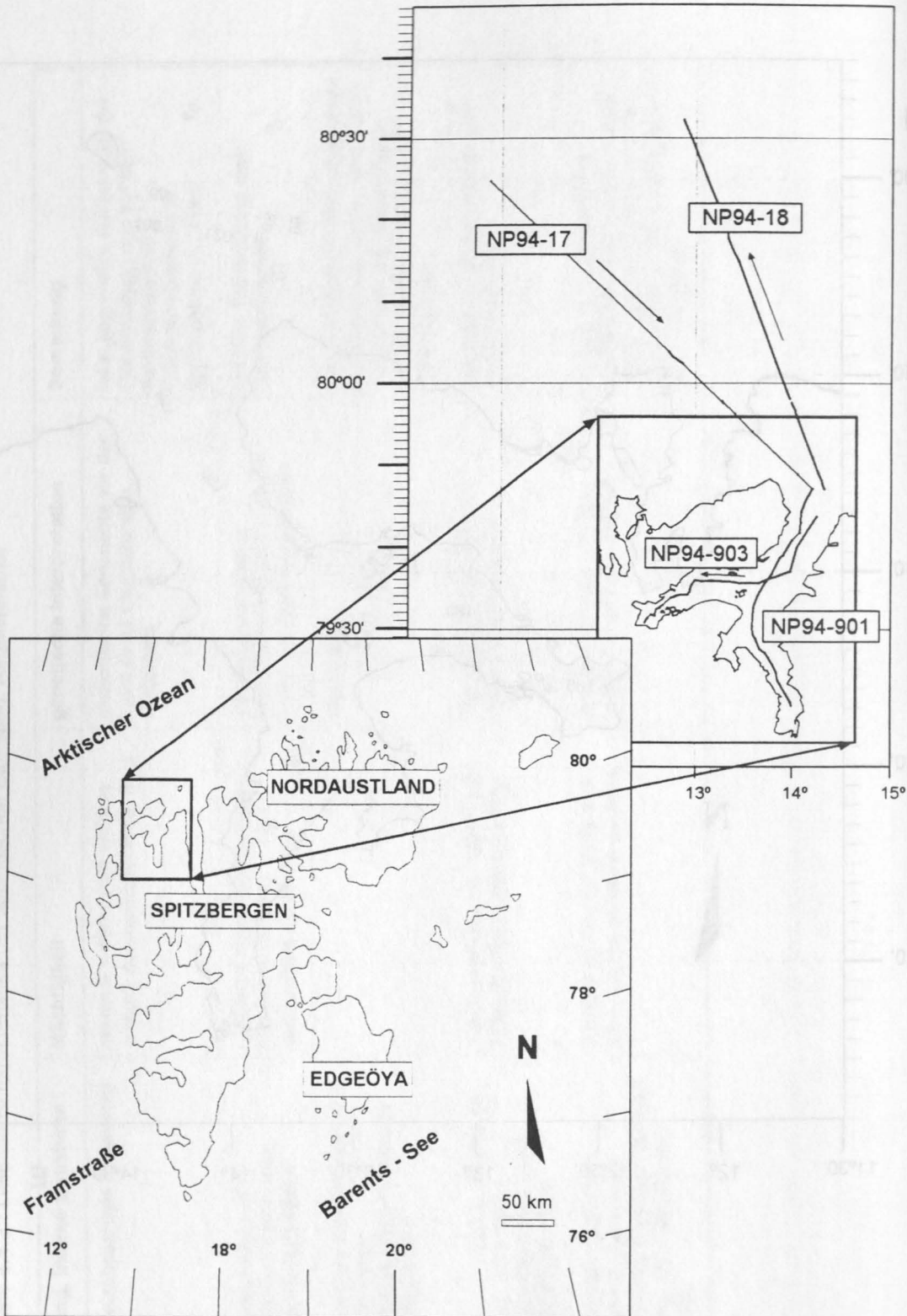


Abb.4.4.2.: 3,5kHz- und Airgunprofile der NP'94-Expedition.

Längsprofil durch den Woodfjord (N-S): Interpretation des 3,5kHz-Profiles NP94'901

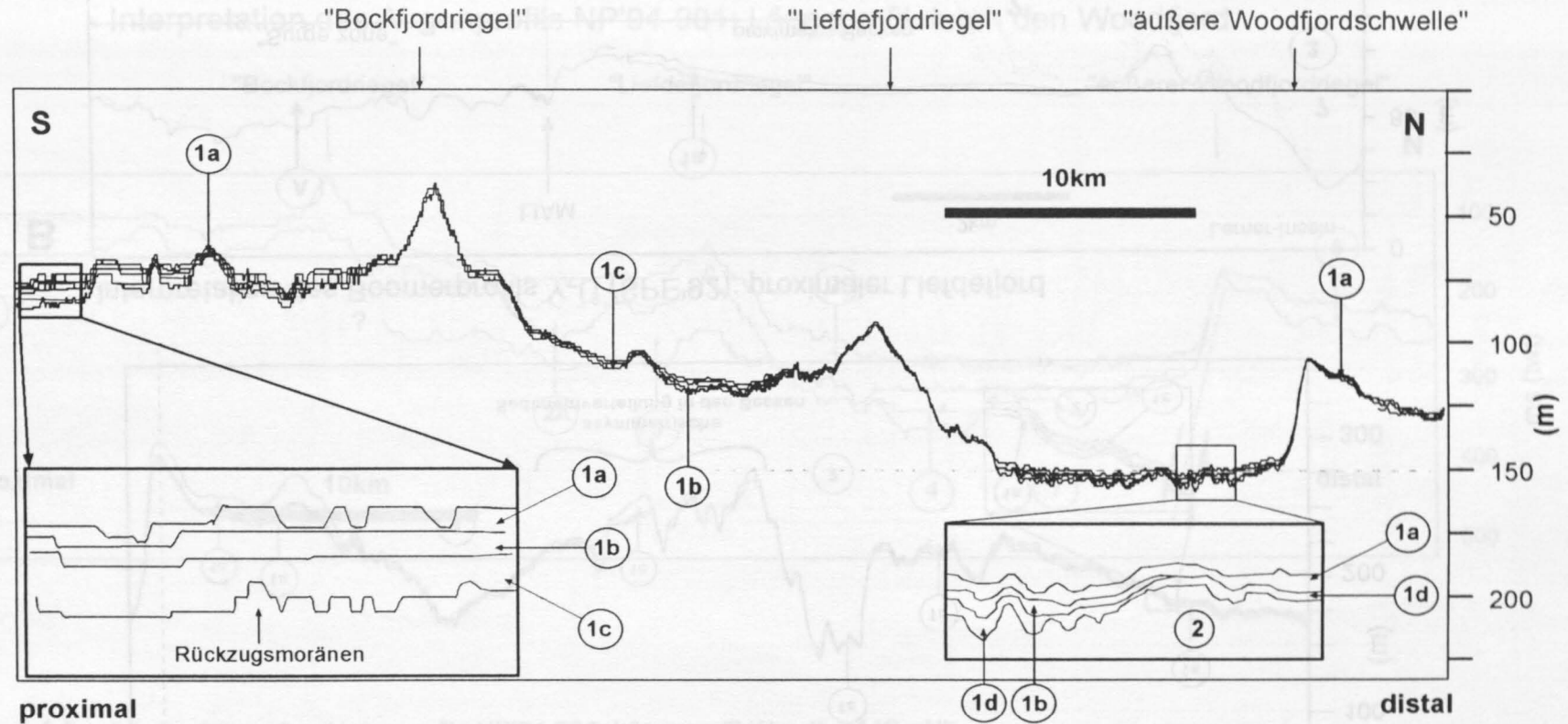
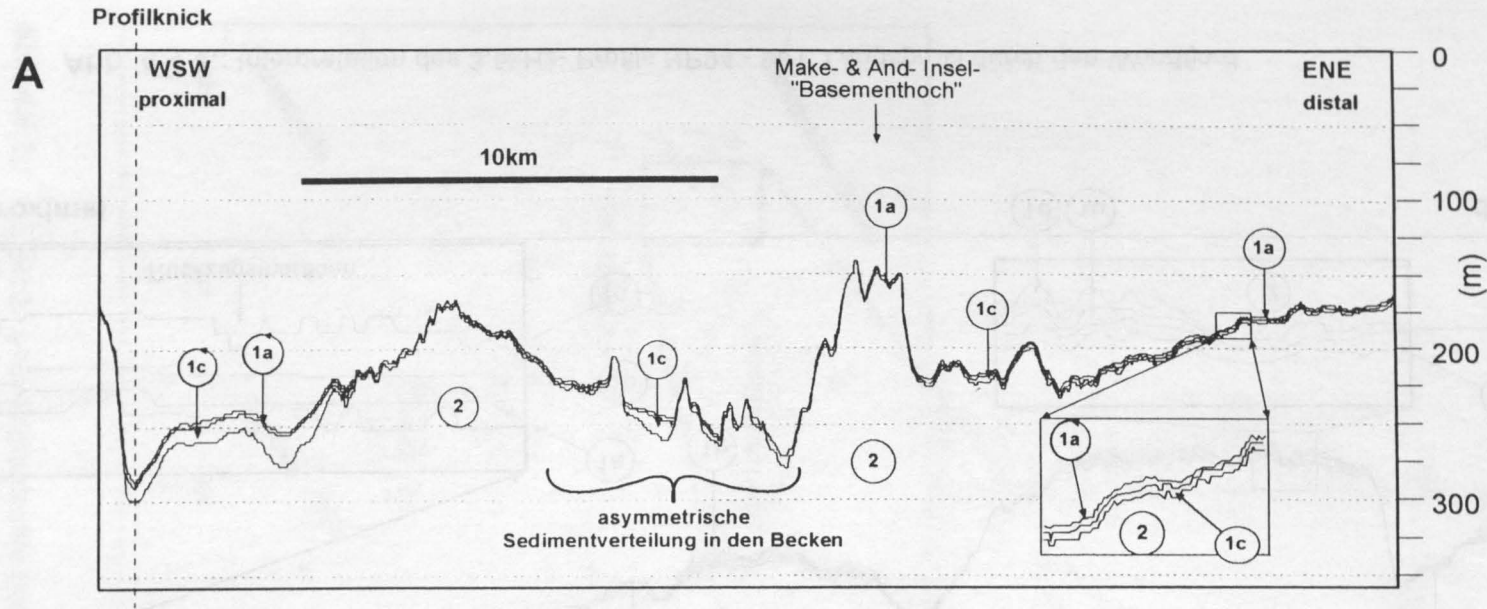


Abb. 4.4.3.: Interpretation des 3,5kHz- Profils NP94 - 901; Längsprofil durch den Woodfjord

Interpretation des 3,5kHz- Profils NP'94-903: Längsprofil Liefdefjord (SSW - NNE)



Interpretation des Boomerprofils Y-U (SPE'92): proximaler Liefdefjord

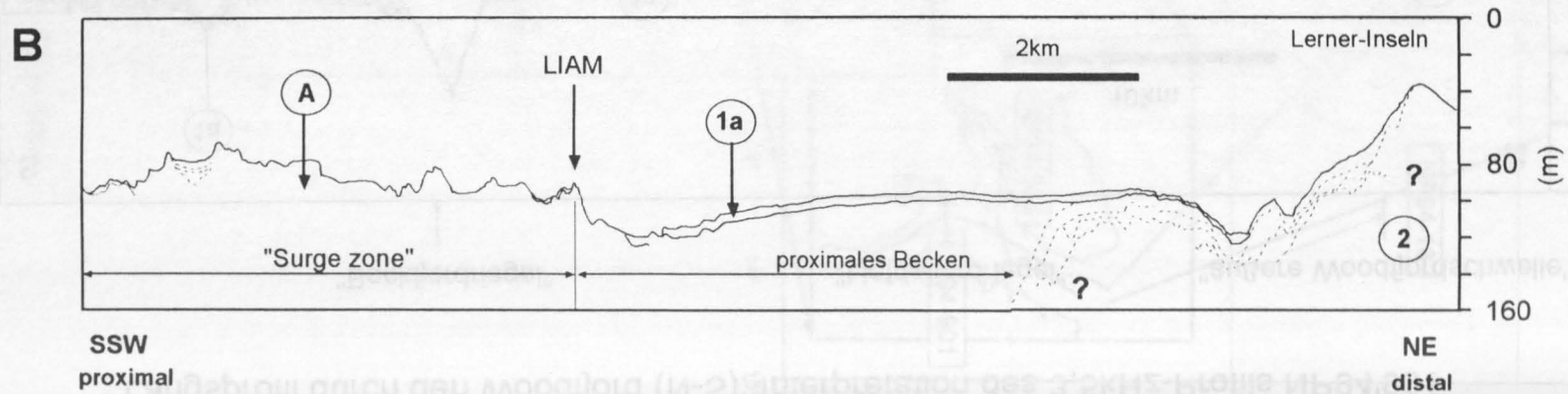


Abb. 4.4.4.: Längsprofile durch den Liefdefjord: A.: 3,5kHz-Profil, B.: Boomerprofil

Interpretation des Airgunprofils NP'94-901: Längsprofil durch den Woodfjord

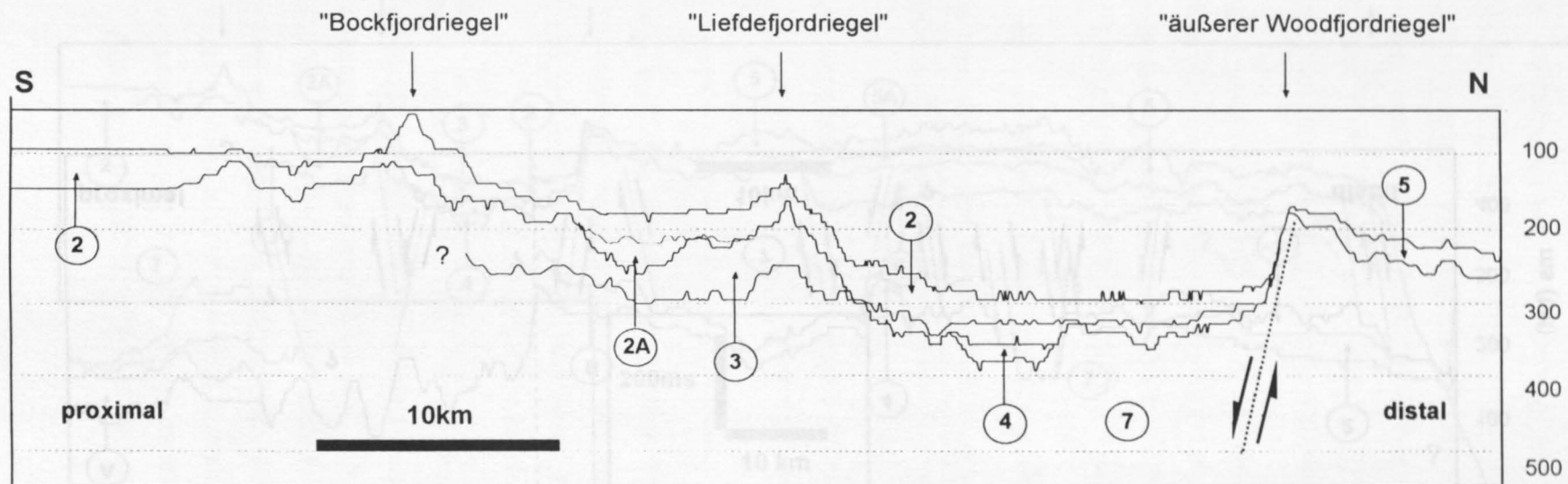


Abb. 4.4.5.: Interpretation des Airgunprofils NP'94-901: Längsprofil Woodfjord (S - N)

Interpretation des Airgunprofils NP'94-903: Längsprofil durch den Liefdefjord

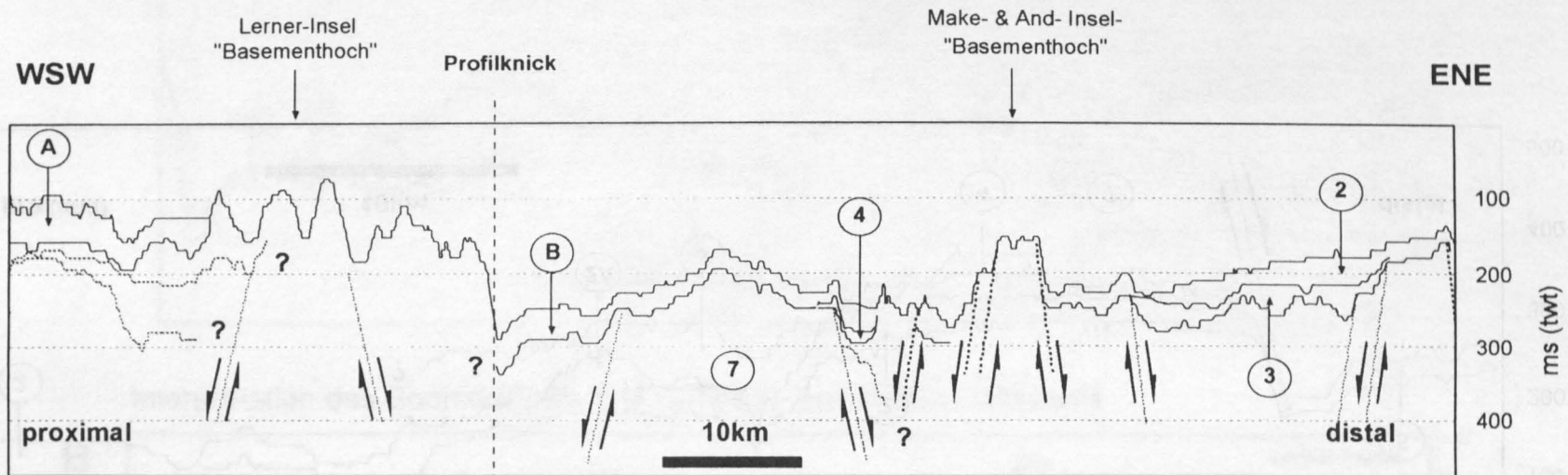


Abb. 4.4.6.: Interpretation des Airgunprofils NP'94-903: Längsprofil Liefdefjord (SSW - NNE)

Interpretation der Airgunprofile NP'94-901 und NP'94-17

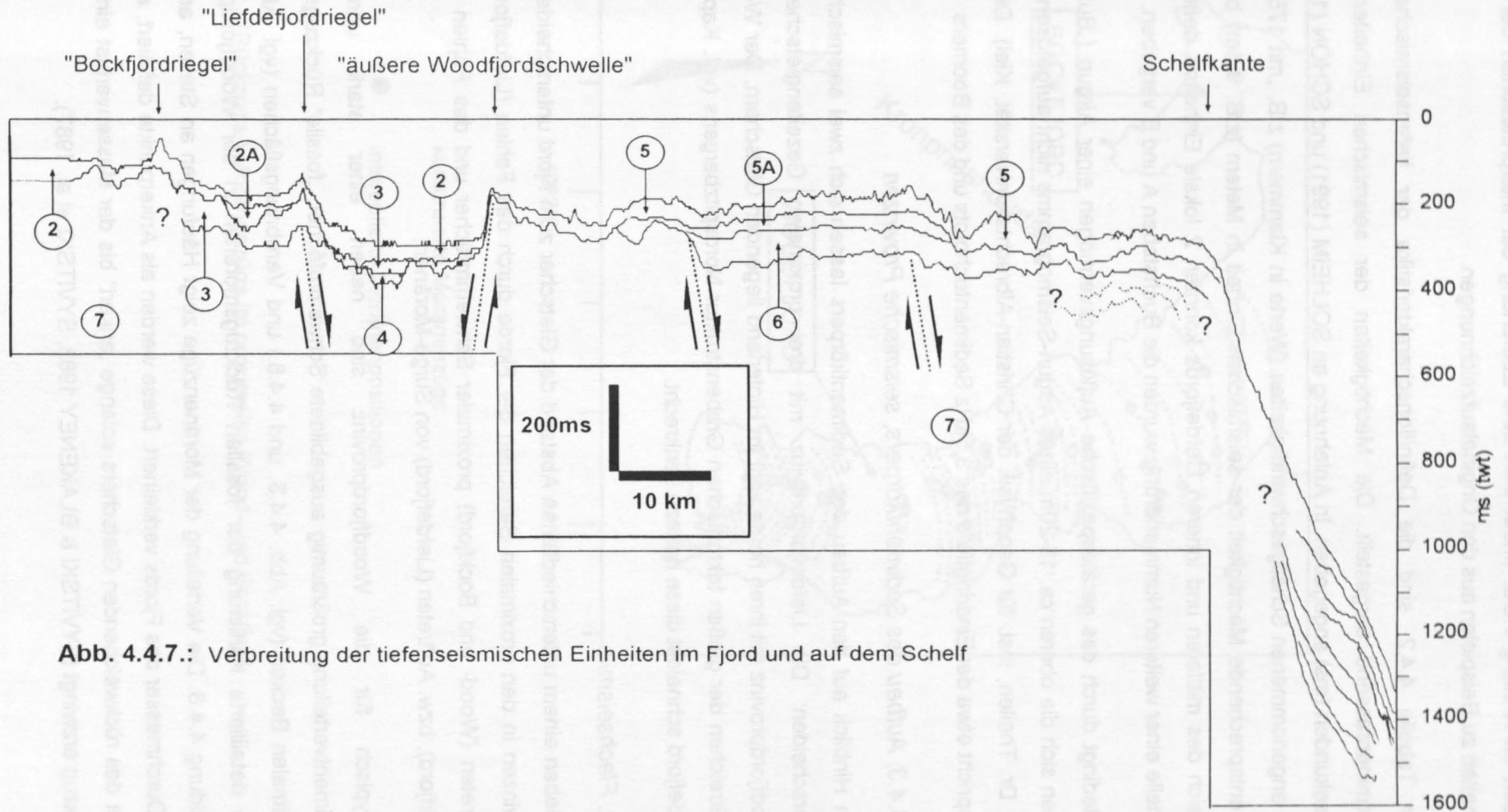


Abb. 4.4.7.: Verbreitung der tiefeisemischen Einheiten im Fjord und auf dem Schelf

wieder. Im Anhang 7.6.a. findet sich eine Zuordnung der Interpretationen der seismischen Einheiten zu Beispielen aus den Originalaufzeichnungen.

In Tabelle 4.4.2. sind die Definitionscharakteristika der tiefenseismischen Einheiten zusammenfassend dargestellt. Die Mächtigkeiten der seismischen Einheiten werden in Millisekunden (ms) angegeben. In Anlehnung an SOLHEIM (1991) und SCHÖN (1983) wird mit den angenommenen Schallgeschwindigkeiten (Werte in Klammern) z.B. „mit 1750m/s \approx 9,1m“ die entsprechende Mächtigkeit der seismischen Einheit in Metern (z.B. 9,1m) berechnet. Im Bereich des mittleren und inneren Liefdefjords konnten 2 lokale Einheiten definiert werden. Anstelle einer weiteren Nummerierung wurden die Buchstaben A und B vergeben.

Bedingt durch das gerätespezifische Auflösungsvermögen einer Airgun („Bubble“- Pulse) lassen sich die oberen ca. 15-20m eines Airgun-Seismogramms nicht auflösen (frdl. mündl. Mitt. Dr. Theilen, Inst. für Geophysik der Christian-Albrechts-Universität, Kiel). Dieser Bereich entspricht etwa der Eindringtiefe des 3,5kHz Sedimentecholots und des Boomers.

4.4.3. Aufbau des Sedimentkörpers, seismische Provinzen

In Hinblick auf den Aufbau des Sedimentkörpers lassen sich zwei seismische Provinzen unterscheiden: Die Liefdefjordprovinz mit drei proximalen Gezeitengletschern und die Woodfjordprovinz mit ihren heute weit im Hinterland liegenden Gletschern. Der Woodfjord liegt im Streichen der großen tektonischen Grabenstruktur Nordspitzbergens (vgl. Kap. 2.2.2.), der Liefdefjord schneidet diese nahezu senkrecht.

a. Flachseismik:

Neben einem unterschiedlichen Abstand der Gletscher zum Fjord unterscheiden sich beide Provinzen in den proximalen Bereichen der Fjorde durch das Fehlen (Liefdefjord) bzw. das Auftreten (Wood- und Bockfjord) proximaler Schwemmfächer und das Fehlen (Wood- und Bockfjord), bzw. Auftreten (Liefdefjord) von Surge-Moränen.

Typisch für die Woodfjordprovinz sind neben einer stark unregelmäßigen Sedimentverteilung großräumig ausgebildete Schwemmfächer, „fossile“ Rückzugsmoränen im proximalen Becken (vgl. Abb. 4.4.3. und 4.4.8.) und Verebnungsflächen (vgl. Abb. 4.4.9.b.). Eine detaillierte Kartierung der fossilen Rückzugsmoränen in der Woodfjordprovinz zeigt Abbildung 4.4.8. Die Verteilung der Moränenzüge zeigt Häufungen an Stellen, an denen sich der Durchmesser des Fjords verkleinert. Diese werden als Ankerpunkte definiert, an denen die Front des rückweichenden Gletschers solange „ankert“ bis der Massenverlust einem weiteren Rückzug erzwingt (SYVITSKI & BLAKENEY 1983, SYVITSKI et al. 1987).

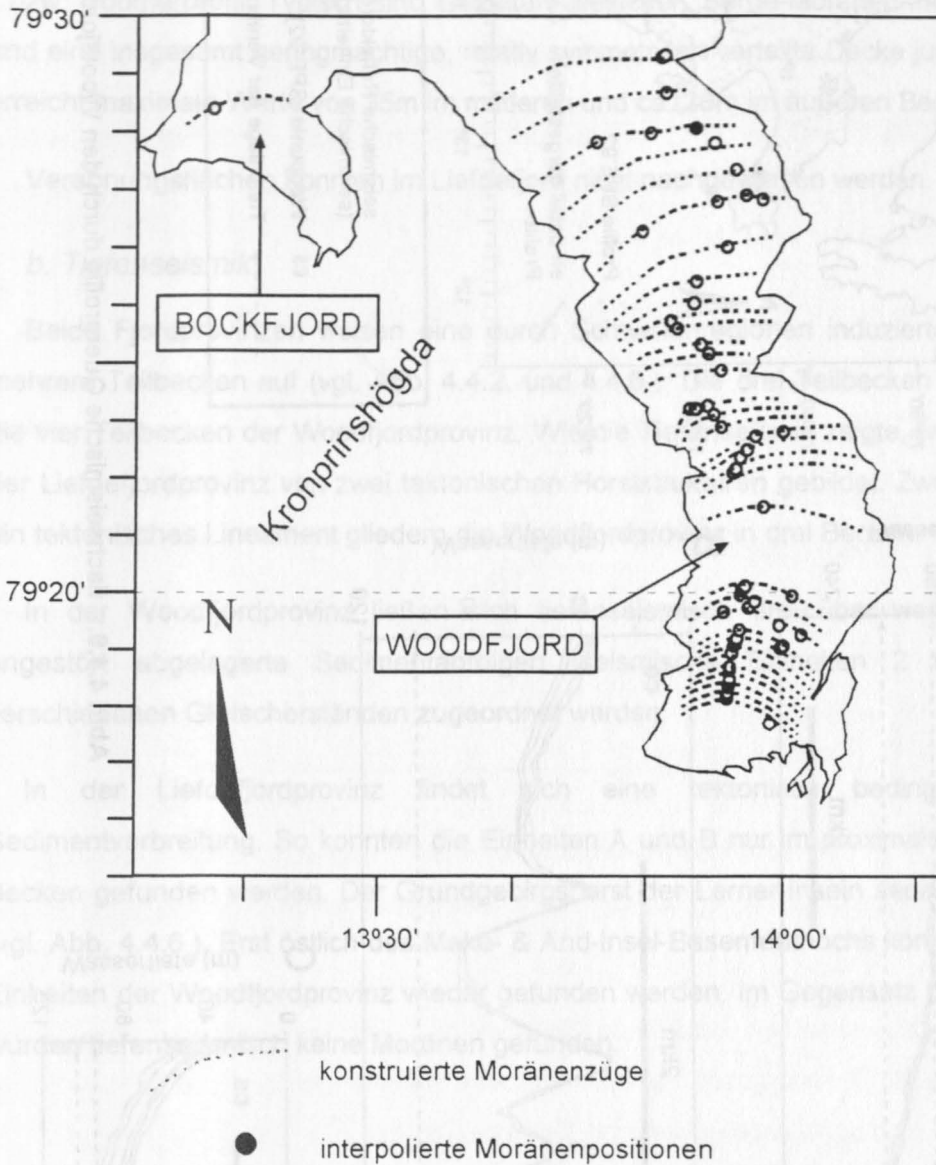
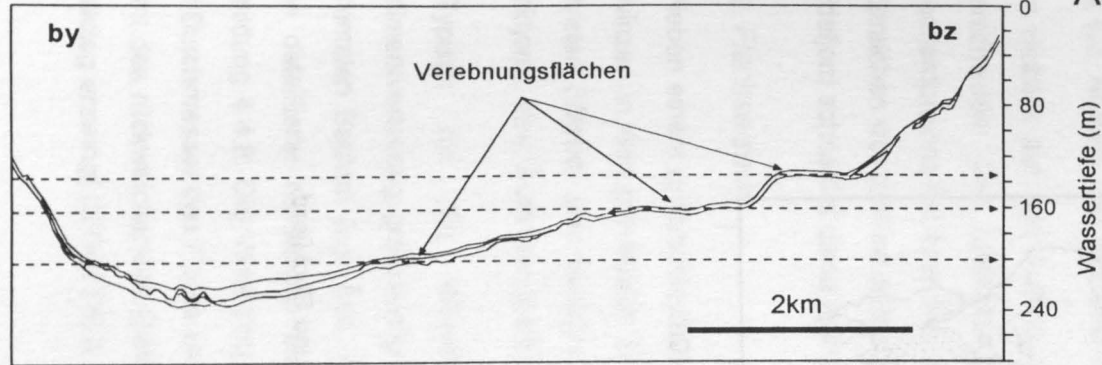
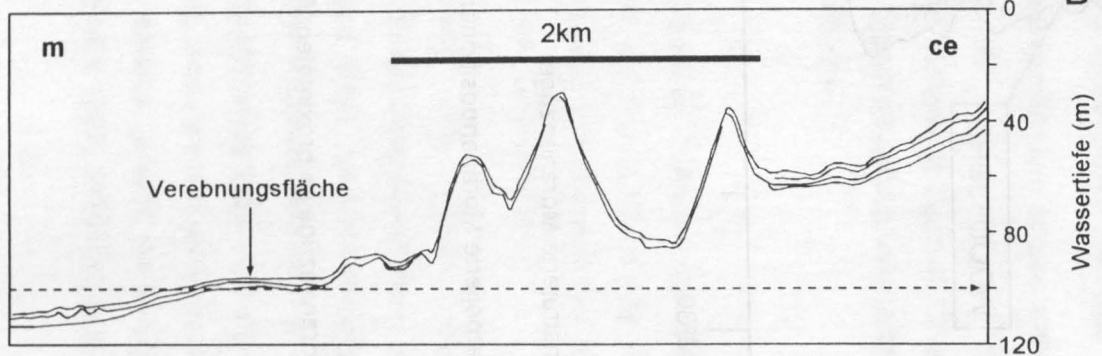


Abb. 4.4.8.: (Rückzugs-) Moränenzüge im proximalen Wood- und Bockfjord

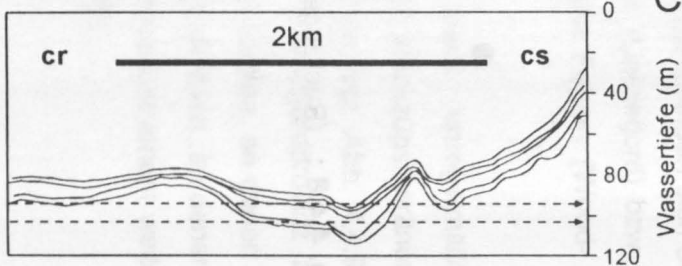
Äußerer Woodfjord (Profil: by-bz)



Mittlerer Woodfjord (Profil: m-ce)



Innerer Woodfjord (Profil: cr-cs)



A

B

C

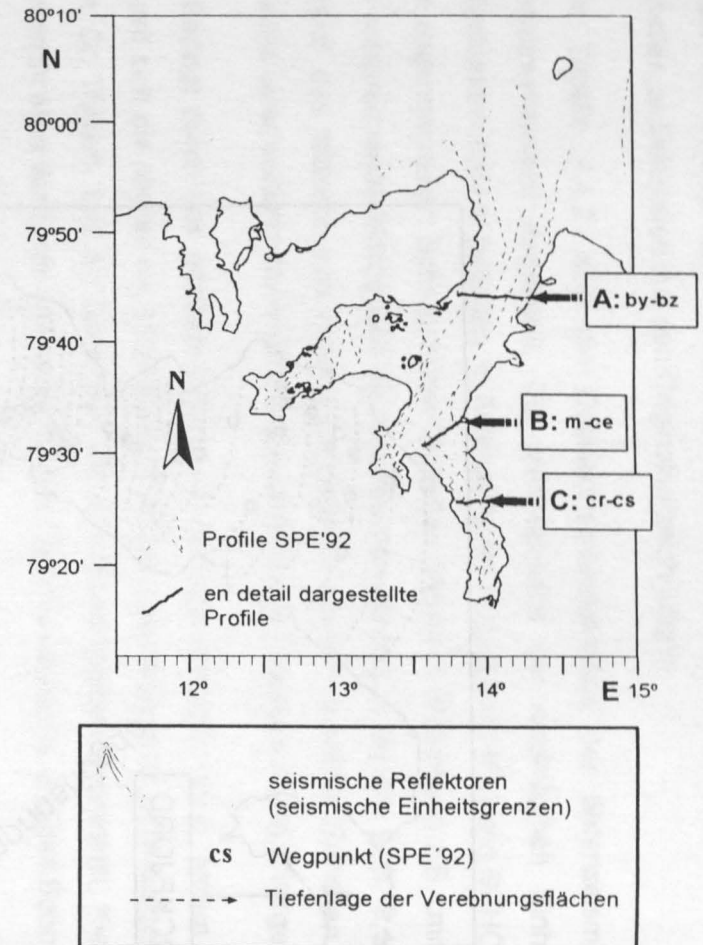


Abb. 4.4.9.: flachseismische Querprofile durch den Woodfjord

Profil A der Abb. 4.4.9. zeigt insgesamt 3 Verebnungsflächen im Bereich des äußeren Woodfjords. Die am tiefsten gelegene findet sich in einer heutigen Wassertiefe von 200m, die flachste in ca. 80m.

Die Abbildung 4.4.4.a. und b. zeigen den seismischen Bau der Liefdefjordprovinz im 3,5kHz-, bzw. Boomerprofil. Typisch sind Gezeiten-Gletscher, Surge-Moränen im proximalen Becken und eine insgesamt geringmächtige, relativ symmetrisch verteilte Decke junger Sedimente. Sie erreicht maximale Werte von 35m im mittleren und ca. 20m im äußeren Becken.

Verebnungsflächen konnten im Liefdefjord nicht nachgewiesen werden.

b. Tiefenseismik:

Beide Fjordprovinzen weisen eine durch Schwellenregionen induzierte Großgliederung in mehrere Teilbecken auf (vgl. Abb. 4.4.2. und 4.4.6.): Die drei Teilbecken der Liefdefjord- und die vier Teilbecken der Woodfjordprovinz. Wie die Tiefenseismik zeigte, werden die Schwellen der Liefdefjordprovinz von zwei tektonischen Horststrukturen gebildet. Zwei Moränenzüge und ein tektonisches Lineament gliedern die Woodfjordprovinz in drei Becken.

In der Woodfjordprovinz ließen sich tiefenseismisch drei über weite Strecken hinweg ungestört abgelagerte Sedimentabfolgen (seismische Einheiten 2 bis 4) finden, die verschiedenen Gletscherständen zugeordnet werden.

In der Liefdefjordprovinz findet sich eine tektonisch bedingte Zonierung der Sedimentverbreitung. So konnten die Einheiten A und B nur im proximalen und intermedialen Becken gefunden werden. Der Grundgebirgshorst der Lerner-Inseln separiert sie voneinander (vgl. Abb. 4.4.6.). Erst östlich des Make- & And-Insel-Basementhochs konnten die seismischen Einheiten der Woodfjordprovinz wieder gefunden werden. Im Gegensatz zur Woodfjordprovinz wurden tiefenseismisch keine Moränen gefunden.

4.4.4. Volumetrische Berechnungen

Die hohe Dichte der flachseismischen Profile (Boomer und 3,5kHz) beider Expeditionen erlaubt eine gebietsübergreifende Darstellung der Verbreitung der seismischen Einheit 1 und ihres Volumens. Auf die Berechnung der Volumina der Untereinheiten (1a-1d) wurde aufgrund der wechselnden lokalen Verbreitung verzichtet. Als laterale Grenze wurde eine dem natürlichen Uferverlauf angenäherte „Uferausgleichslinie“ konstruiert (vgl. Abb. 4.4.10.).

Dem unterschiedlichen seismischen Aufbau der Fjordprovinzen entsprechend wurden Einzelvolumina für vier Einzelbereiche sowie für das gesamte Fjordareal berechnet. Tabelle 4.4.1. zeigt die Ergebnisse der Berechnungen.

Tab. 4.4.1.: Ergebnisse der Volumensberechnungen für die einzelnen Fjordareale

Bereich	Fläche (km ²)	Volumen (km ³)
Gesamtes Fjordsystem	617	5
1. Bockfjord	13	0,16
2. innerer Woodfjord	120	1,3
3. innerer Liefdefjord	14	0,02
4. mittlerer Liefdefjord	76	0,62
verbleibender Bereich	394	2,9

Die Berechnungen der Sedimentmengen ergaben eine sehr ungleichmäßige Verteilung der Teilvolumina in den Fjordprovinzen. Die größeren Sedimentvolumina finden sich in der Woodfjordprovinz.

Vergleicht man das Becken des Bockfjords (Teilbereich 1) mit dem innersten Bereich des Liefdefjords (Teilbereich 3), so ergeben sich bei ungefähr gleicher Größe (13 bzw. 14km²) mit 0,16 bzw. 0,02km³ jedoch stark unterschiedliche Sedimentvolumina.

Der Bockfjord beinhaltet ca. 3,2% der gesamten Sedimentmenge des Arbeitsgebietes, der innerste Liefdefjord nur etwa 0,4%. Im Bereich des Monacobreen Gezeiten-Gletschers im Liefdefjord wird also nur ein Bruchteil (ca. $\frac{1}{8}$) der Sedimentmenge gegenüber einem Gebiet vergleichbarer Größe ohne Gezeiten-Gletscher (Bockfjord) in den Fjord eingetragen.

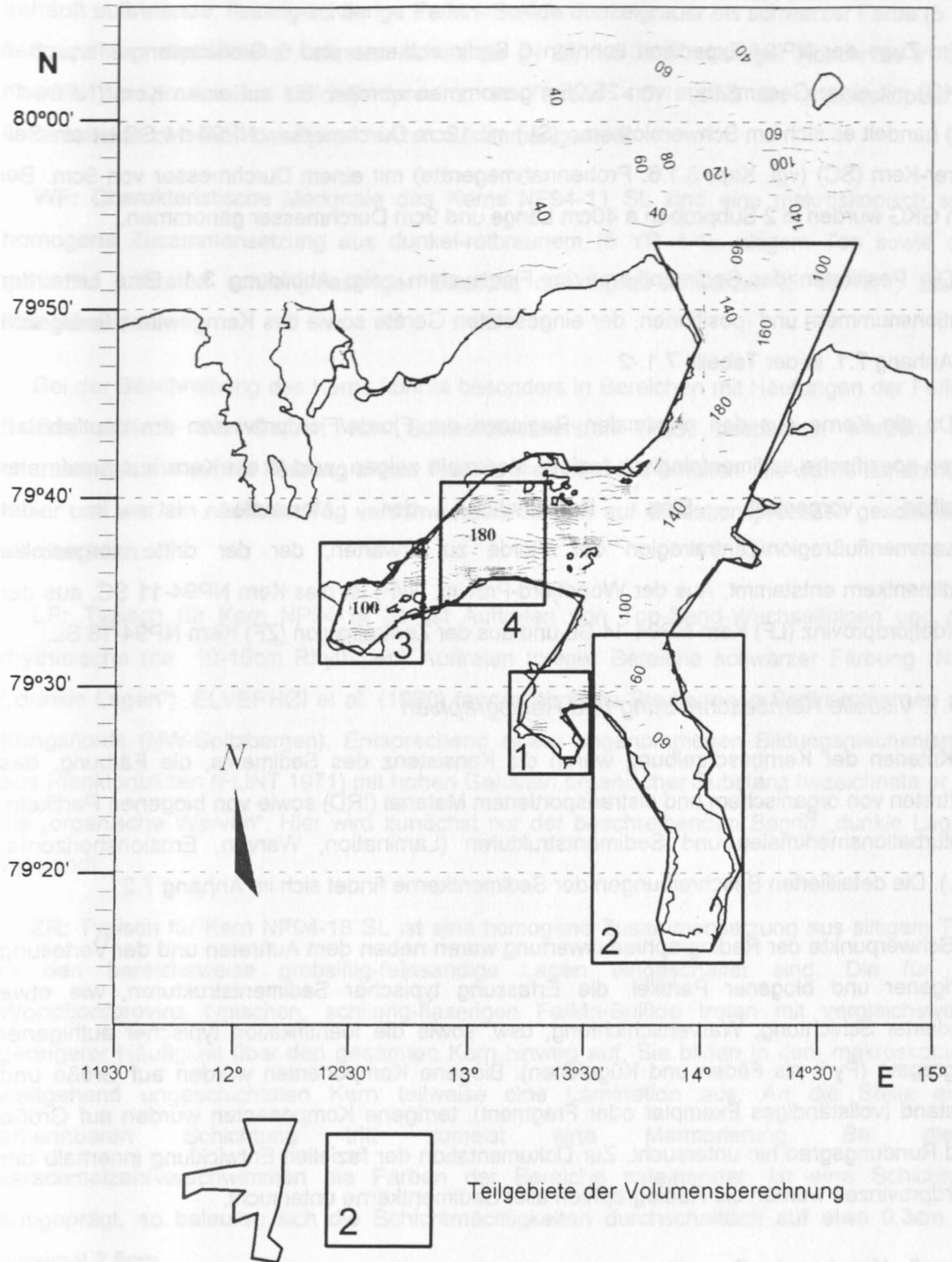


Abb. 4.4.10.: Bathymetrische Karte der Wood- und Liefdefjordregion und Teilbereiche der Volumensberechnung (Tiefenlinienabstand 20m).

4.5. Arbeiten am Kernmaterial

Im Zuge der NP'94-Expedition konnten 8 Sedimentkerne und 6 Großkastengreiferproben (GKG) mit einer Gesamtlänge von 25,05m genommen werden. Bis auf einen Kern (NP94-11 SC) handelt es sich um Schwerelotkerne (SL) mit 12cm Durchmesser. NP94-11 SC ist ein Self-Corer-Kern (SC) (vgl. Kap. 3.1.6. Probennahmegeräte) mit einem Durchmesser von 9cm. Bei den GKG wurden je 2 Subproben a 40cm Länge und 9cm Durchmesser genommen.

Die Positionen der Sedimentkerne im Fjordsystem zeigt Abbildung 3.1. Eine Liste der Stationsnummern und -positionen, der eingesetzten Geräte sowie des Kerngewinns findet sich im Anhang 7.1. in der Tabelle 7.1.-2

Da die Kerne aus den proximalen Regionen der Fjorde/Fjordprovinzen am deutlichsten deren spezifische sedimentologisch-fazielle Merkmale zeigen, wird je ein Kern aus proximaler Position vorgestellt. Eine Kombination der Merkmale ist in der Zusammenflußregion/Zentralregion der Fjorde zu erwarten, der der dritte vorgestellte Sedimentkern entstammt. Aus der Woodfjord-Provinz (WF) ist dies Kern NP94-11 SC, aus der Liefdefjordprovinz (LF) Kern NP94-14 SL und aus der Zentralregion (ZF) Kern NP94-18 SL.

4.5.1. Visuelle Kernbeschreibung und Radiographien

Kriterien der Kernbeschreibung waren die Konsistenz des Sediments, die Färbung, das Auftreten von organischem und eistransportiertem Material (IRD) sowie von biogenen Partikeln, Bioturbationsmerkmalen und Sedimentstrukturen (Lamination, Warven, Erosionshorizonte, etc.). Die detaillierten Beschreibungen der Sedimentkerne findet sich im Anhang 7.2.

Schwerpunkte der Radiographieauswertung waren neben dem Auftreten und der Verteilung terrigener und biogener Partikel, die Erfassung typischer Sedimentstrukturen, wie etwa gradierter Schichtung, Warvenschichtung, usw. sowie die Identifikation typischer authigener Aggregate (Pyrit als Fäden und Kügelchen). Biogene Komponenten wurden auf Größe und Zustand (vollständiges Exemplar oder Fragment), terrigene Komponenten wurden auf Größe und Rundungsgrad hin untersucht. Zur Dokumentation der faziellen Entwicklung innerhalb der Fjordprovinzen wurden die Radiographien aller Sedimentkerne untersucht.

Visuelle Kernbeschreibung

Ein auffallendes makroskopisches Unterscheidungsmerkmal beider Fjordprovinzen war die Färbung der Sedimente. Herrschen in der Woodfjordprovinz rot- bis schokoladenbraune Farben (z.B. 5 YR 4/4) vor, so sind die Sedimente der Liefdefjordprovinz deutlich grauer (z.B. 5 Y 3/2) bis gelblich- graugrün (z.B. 10 GY 3/2). Weitere makroskopische

Unterscheidungsmerkmale zwischen den Fjordprovinzen sind erstens in der Woodfjordprovinz gehäuft auftretende, flaserig-schlierige Fe/Mn- Sulfide dunkelgrauer bis schwarzer Farbe (5 YR 2/1) und das rhythmische Auftreten schwarzer (N 2), 1,5-3cm mächtiger Abschnitte in den Kernen der proximalen Liefdefjordprovinz. In Tabelle 4.5.1. sind die makroskopischen Unterschiede zwischen den Fjordprovinzen zusammengestellt.

WF: Charakteristische Merkmale des Kerns NP94-11 SL sind eine makroskopisch sehr homogene Zusammensetzung aus dunkel-rotbraunem (5 YR 4/4), siltigem Ton sowie das gehäufte Auftreten schlierig-flaseriger Bereiche dunkelgrau-schwarzer (5 YR 2/1) Eisen-Mangansulfide.

Bei der Beschreibung des Kerns konnte besonders in Bereichen mit Häufungen der Fe/Mn-Sulfide vielfach der Geruch von Schwefelwasserstoff (H_2S) beobachtet werden. Die charakteristische dunkle Färbung dieser Flaser blieb nur kurz erhalten. Sie wurde zunehmend heller und war am nächsten Tag verschwunden, so daß auf Oxidationsprozesse geschlossen werden kann.

LF: Typisch für Kern NP94-14 SL ist Auftreten von Ton-Sand-Wechselfolgen und das rhythmische (ca. 10-15cm Rhythmen) Auftreten toniger Bereiche schwarzer Färbung (N 2) („dunkle Lagen“). ELVERHØI et al. (1980) fanden ähnliche Strukturen in Sedimentkernen des Kongsfjords (NW-Spitzbergen). Entsprechend einem angenommenen Bildungsmechanismus aus Planktonblüten (FLINT 1971) mit hohen Gehalten organischer Substanz bezeichnete er sie als „organische Warven“. Hier wird zunächst nur der beschreibende Begriff „dunkle Lagen“ verwandt.

ZR: Typisch für Kern NP94-18 SL ist eine homogene Zusammensetzung aus siltigem Ton, in den bereichsweise grobsiltig-feinsandige Lagen eingeschaltet sind. Die für die Woodfjordprovinz typischen, schlierig-flaserigen Fe/Mn-Sulfide treten mit vergleichsweise geringerer Häufigkeit über den gesamten Kern hinweg auf. Sie bilden in dem makroskopisch weitgehend ungeschichteten Kern teilweise eine Lamination aus. An die Stelle einer erkennbaren Schichtung tritt zumeist eine Marmorierung. Bei dieser verschmelzen/verschwinden die Farben der Bereiche miteinander. Ist eine Schichtung ausgeprägt, so belaufen sich die Schichtmächtigkeiten durchschnittlich auf etwa 0,3cm bis maximal 2,5cm.

Tab. 4.5.1.: Makroskopische Unterscheidungsmerkmale der Fjordprovinzen und der Zentralregion (% = nicht beobachtbar).

Merkmal	Woodfjordprovinz (NP94-11 SC)	Liefdefjordprovinz (NP94-14 SL)	Zentralregion (NP94-18 SL)
Farbe	rot- bis schokoladenbraune Farben (5 YR 4/4)	Wechselfolgen von Grau-Olivgrün (5 GY 3/2) über Olivgrau (5 Y 3/2) bis gelblich Grün (10 GY 3/2)	grau-olivgrün (5 GY 3/2) bis dunkel gelblich-grün (10 GY 3/2) in den marmorierten Bereichen
Lamination	nur bereichsweise angedeutet	deutlich ausgeprägt	angedeutet - undeutlich; „marmoriert“
Zusammen-setzung	siltiger Ton	scharf gegeneinander begrenzte Ton/Silt-Sand-Wechselfolgen	siltiger Ton
Fe/Mn-Sulfide	gehäuft durchgehend auftretend	sporadisch	mäßig häufig, durchgehend auftretend
„dunkle Lagen“	%	in ca. 10 - 15cm Abständen rhythmisch auftretende, tonige Bereiche schwarzer Färbung (N 2)	%
Sand-/ Feinsand-lagen	zwei 0,5 und 1,5cm mächtige Feinsand-/Siltlagen bei 104-105,5cm und 107-107,5cm	Ton-Sand-Wechselfolgen, Feinsand-/Sandlagen im ca. 10cm Rhythmus über die gesamte Kernteufe	eine Feinsandlage in 380cm Teufe; größere Silt- und Feinsandanteile finden sich nur in 160cm und 273cm Teufe
Dropstones	2 gut gerundete Dropstones (Gneis und Glimmerschiefer aus dem Hecla Hoek) in 128cm Teufe	Lagenweise gröbere, zumeist schlecht gerundete, Komponenten (Gneise, Basalte, Sand/Siltgesteine)	sporadisch über die gesamte Teufe, relative Anreicherungen in 240 und 383cm
Muschel-fragmente	sporadisch in 115cm, 135cm, 233cm, 247cm und 275cm Teufe	%	Muscheln und Muschelfragmente sporadisch über den gesamten Kern verteilt; Relative Häufungen im Intervall 369-382cm
Bioturbation	kaum zu erkennen; Bauten polychaeter Würmer	%	Bauten polychaeter Würmer, stark bioturbat

Radiographieauswertung

Die Beschreibung der Radiographien der Kerne findet sich im Anhang 7.3. Charakteristische Merkmale der Radiographien sind in den Phototafeln im Anhang 7.5. dargestellt.

WF: Kennzeichnend für die beiden Kerne der Woodfjordprovinz (NP94-11 SC und NP94-12 SL) ist das Auftreten eines flaserigen Gefüges. Beide Kerne sind bereichsweise stark bioturbat. Nur hier konnten Bryozoenreste (frdl. mündl. Mitt. Prof. Schäfer, GPI) gefunden werden. Fressbauten des *Tasselia* Typs (frdl. mündl. Mitt. Prof. Wetzel, GPI Uni Basel, s.a. WETZEL & BROMLEY 1996) finden sich in den mittleren Bereichen beider Kerne (NP94-11 SC: 1x in 140cm und in NP94-12 SL zwischen 70 und 140cm Teufe). Von proximal bis distal läßt sich eine Zunahme von Bioturbationsgefügen und von Pyritstrukturen beobachten. Die Häufigkeit größerer Steine nimmt distal ab und deren Rundungsgrad zu. Die typischen Merkmale der Kerne der Wodfjordprovinz sind in Tabelle 4.5.2. zusammengefaßt.

Tab. 4.5.2.: Merkmale der Sedimentkerne der Woodfjordprovinz (% = nicht beobachtbar).

Merkmale	NP94-11 SC (proximal)	NP94-12 SL (distal)
rhythmische Auftreten von Grobsedimentlagen	5- 10cm Rhythmen: 50-150cm; 30cm Rhythmen: 150-210cm	5-10cm Rhythmen: 35-110cm und 115-205cm
gradierte Schichtung	bei 193, 124 und 222cm	bei 76, 85, 155, 165, 180, 189 und 195cm
Feinsandlagen	bei 170, 176 und 3x zwischen 250-256cm	%
Steine/Dropstones	durchgehend vorhanden, diffus verteilt, nur bereichsweise an Grobsedimentlagen gekoppelt Komponenten ≥ 2 mm schlecht, Komponenten ≥ 2 mm gut gerundet	Sporadisch, große Intervalle ohne Steine/Dropstones (z.B.: 0-30cm, 155-202cm); insgesamt gut gerundet
Bioturbation	nicht durchgehend bioturbat; kleine gewundene und horizontal langgestreckte Bauten dominant; <i>Tasselia</i> nur 1x zwischen 140-156cm Teufe; insgesamt mäßig bis stark bioturbat	nicht durchgehend bioturbat; horizontal langgestreckte Bauten dominant; <i>Tasselia</i> mehrfach zwischen 68-140cm Teufe; insgesamt mäßig bis stark bioturbat
Schalenreste	sporadisch, Auftreten oft an Grobsedimentlagen gebunden	bevorzugt im mittleren Kernabschnitt zwischen 100-140cm; unterhalb ca. 145cm keine Schalenreste
Bryozoenreste	in 40, 110 und 235cm Teufe	in 185cm Teufe
Pyrit	%	Pyritfäden im mittleren Kernbereich (ca. 168-190cm Teufe)

Die Verteilung der Grobsedimentlagen suggerierte eine 5-10cm mächtige, zyklische Schichtung des Kerns (Jahresschichtung). Abbildung 4.5.1. zeigt die Ergebnisse der kontinuierlichen Kalziumkarbonatmessung im Kernintervall 168-178cm und die dazugehörige

Radiographie. Eine vermutete Jahresschichtung (höhere Karbonatgehalte im Sommer und niedrige im Winter) ließ sich nicht ableiten.

LF: Typisch für die Kerne der Liefdefjordprovinz ist das Auftreten von laminierten Bereichen, Warvenschichtung und gradierter Schichtung. Untergeordnet treten Flaserschichtung und/oder wellig-deformierte Lamination auf. Der Einfluß der nahen Gezeitengletscher zeigt sich im gehäuftem Auftreten schlecht gerundeter Dropstones und Grobsediment-/Sandlagen. Der Grad der Bioturbation ist allgemein gering, die Größe der Bauten liegt etwa um den Faktor 2 unter dem der Woodfjordprovinz. Pyrit konnte in den proximalen Kernen der Liefdefjordprovinz nicht gefunden werden. Die typischen Eigenschaften der Kerne der Liefdefjordprovinz sind in Tabelle 4.5.3. zusammengefaßt.

Ein besonderes Merkmal in diesem Sedimentkern ist das Auftreten von Lagen mit perlig aufgereihten, rundlich-blasigen Hohlräumen. Die Größe dieser Hohlräume variiert zwischen etwa 0,1 und 1,5mm. In Abbildung 4.5.2. sind diese Lagen mit Pfeilen besonders hervorgehoben (z.B. in 31,3cm, 45cm, 48,3 und 52,8cm). Die in den Intervallen 37-33cm und 46,5-48,5cm zu beobachtenden Strukturen suggerieren einen Aufstieg von Gasblasen durch das darüberliegende Sediment. Eine generelle Zuordnung des Auftretens der blasigen Hohlräume an typische Sedimente oder Sedimentwechsel war nicht möglich. Auch der Versuch, dieses Phänomen an das Auftreten der dunklen Lagen zu koppeln, ergab lediglich, daß die Distanz zwischen den dunklen Lagen und den Gashorizonten unterschiedlich groß ist und zwischen 0,3 und 3cm variiert. Blasige Hohlräume treten auch in Abschnitten auf, in denen keine dunklen Lagen vorkommen.

Die kontinuierliche Beprobung und Messung des Kalziumkarbonats (CaCO_3) und des organischen Kohlenstoffs (C_{org}) im Kernintervall 30-54cm sollte sowohl Informationen über die Zusammensetzung des Gases, als auch über die Zusammensetzung der „dunklen Lagen“ ergeben. Abbildung 4.5.2. zeigt die Ergebnisse der Messungen. C_{org} -Werte $>0,25\text{Gew.}\%$ finden sich in den feinlaminierten Intervallen zwischen 37-38cm und 46-47cm, nicht aber in den dunklen Lagen. Die Bereiche mit den blasigen Hohlräumen sind durch die höchsten Gehalte organischen Kohlenstoffs ausgezeichnet. Sie sind mit 0,27 (37cm Teufe) und 0,26Gew.% (47cm Teufe) nahezu dreimal so groß wie der Durchschnittswert von 0,091Gew.%.

NP94-11 SC

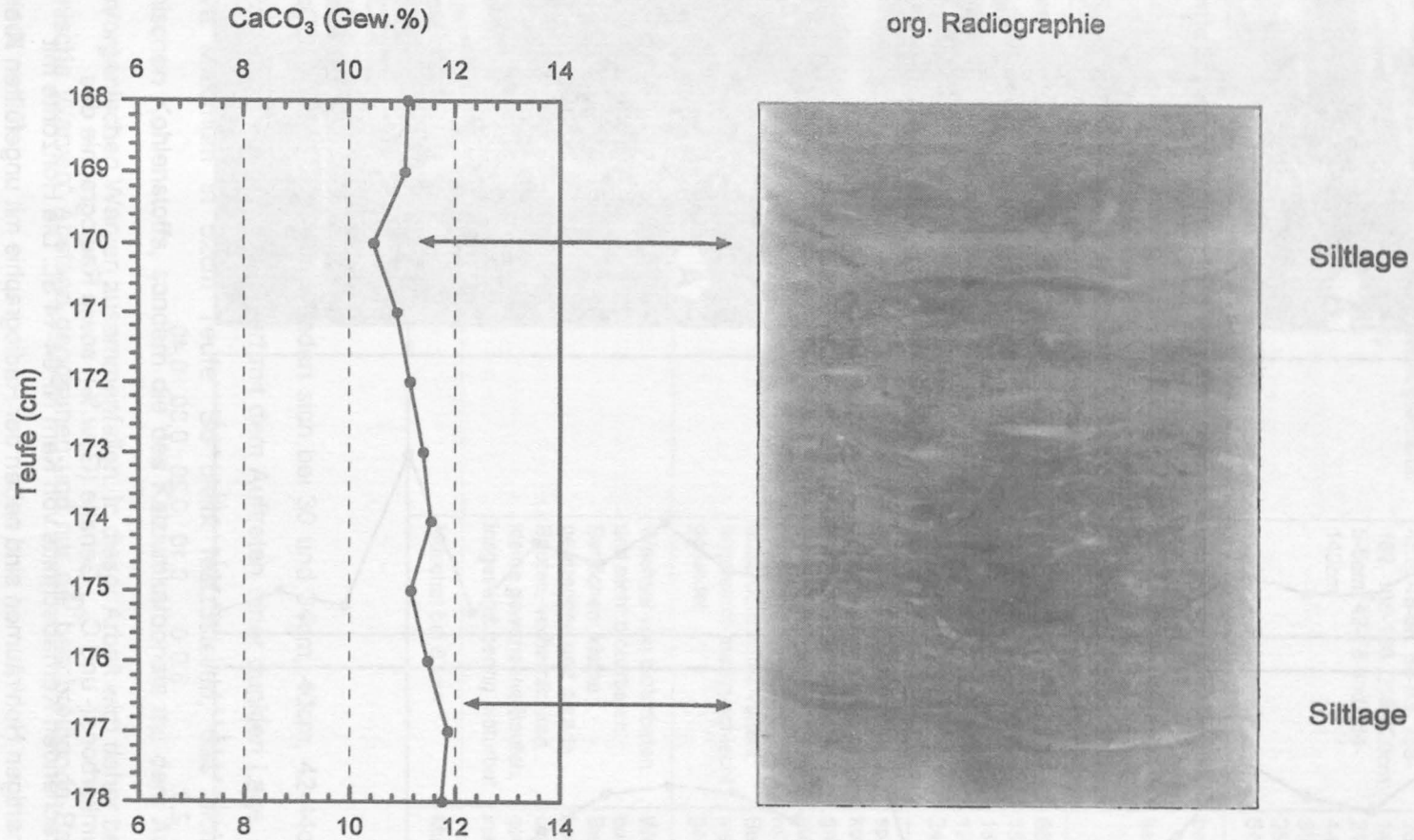


Abb. 4.5.1.: Kalziumkarbonatmessungen (Gew.%) am Intervall 168-178cm von Kern NP94-11 SC, Korrelation der Messergebnisse mit der Radiographie.

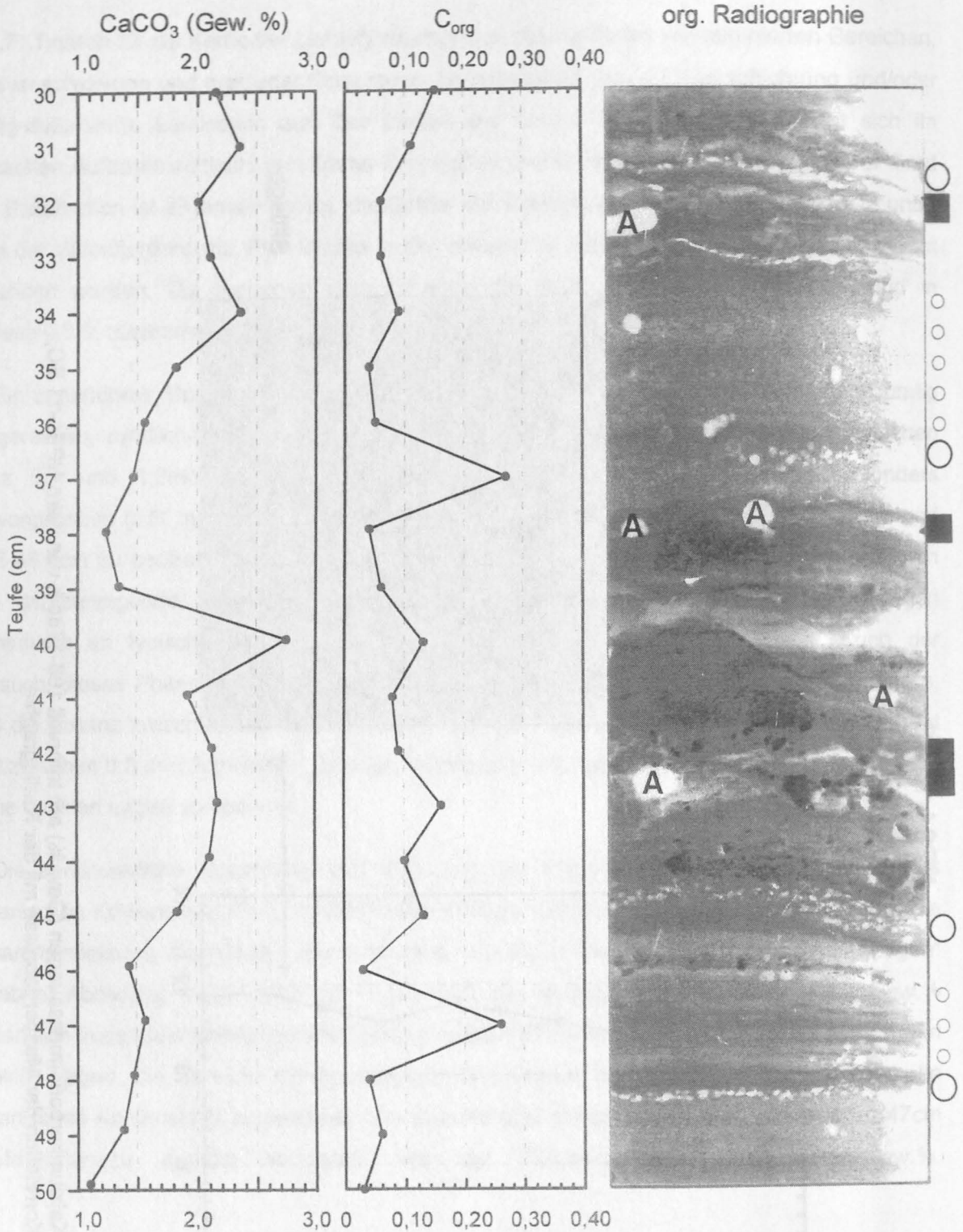


Abb. 4.5.2.: Kalziumkarbonat- und C_{org} -Gehalte (Gew.%) sowie Radiographie des entsprechenden Kernabschnitts von Kern NP94-14 SL. Die Horizonte mit blasenartigen Hohlräumen sind neben der Radiographie mit ungefüllten Kreisen besonders hervorgehoben, das Auftreten dunkler Lagen mit gefüllten Quadraten. Die kleinen ungefüllten Kreise symbolisieren die Bereiche des vermuteten Aufstiegs von Blasen. "A" steht für Artefakte. Eine detailliertere Beschreibung der Radiographie findet sich im Anhang 7.3.

Tab. 4.5.3.: Merkmale der Sedimentkerne der Liefdefjordprovinz (% = nicht beobachtbar).

Merkmal	NP94-14 SL (proximal)	NP94-15 SL	NP94-16 SL (distal)
rhythmisches Auftreten von Grobsedimentlagen	diffus verteilt, ca. 14cm Rhythmus: 40-72cm, vgl. auch Auftreten gradiert Schichtung	lagig ausgeprägt; beobachtete Rhythmen: 2-4cm: 48-58, 80-93, 158-162, 186-188, 218-220cm; 5-6cm: 42-78 und 134-140cm	lagig und diffus verteilt; b beobachtete Rhythmen: 2cm: 68-78, 80-82, 96-98, 144-146, 190-198, 208-218, 238-240, 300-303cm; 4-6cm: 38-44, 55-60, 90-96, 110-120, 145-152 240-259, 260-284cm; 10cm: 44-54, 60-120, 136-146cm
gradierte Schichtung	beobachtete Rhythmen 3cm: 60-70cm, 4cm: 52-60cm; 6cm: 10-22cm, 10cm: 22-52cm; außerdem bei 76cm	bei 36, 42, 78, 82, 90, 94, 105, 110, 130, 168, 204cm; kein Rhythmus ableitbar	bei 64, 166 und 248cm; kein Rhythmus ableitbar
Warven	44-46 und 53-55cm	47-48, 64-68, 72-74, 95-97, 121-124, 173-177 und 196-199cm	66-68, 116-119, 143-145, 155-165, 172-175, 183-184, 185-186, 186-188, 191-193, 194-196, 238-240, 288-292cm
Steine/Dropstones	lagig zusammen mit der gradierten Schichtung, diffus: 0-5cm, 40-44cm, 68-69cm, 72-74cm; insgesamt gut gerundet	generell lagig angeordnet und korrelierend mit Bereichen gradiert Schichtung u./o. Grobsedimentlagen, außerdem diffus verteilt; insgesamt mäßig-schlecht gerundet	sporadisch, vielfach korrelierend mit Bereichen gradiert Schichtung; außerdem diffus verteilt, relative Anreicherungen im Bereich 208-248cm; insgesamt mäßig - schlecht gerundet
Bioturbation	%	Wechsel von bioturbaten und nicht bioturbaten Bereichen; kleine gewundene und gerade Bauten, vorherrschend kleine gewundene Bauten; insgesamt gering bioturbat	Wechsel von bioturbaten und nicht bioturbaten Bereichen; zumeist horizontale, langgestreckte und untergeordnet kleine gewundene Bauten; insgesamt gering bioturbat
Schalen/-reste	%	Muschel bei 63cm	Muschel bei 283cm

CaCO₃-Werte >2,0Gew.% finden sich bei 30 und 34cm, 40cm, 42-44cm und 52cm Teufe. Das Maximum bei 40cm korreliert mit dem Auftreten einer dunklen Lage. Gleiches gilt für das relative Maximum in 52cm Teufe. So bleibt festzustellen, daß nicht die Maxima des organischen Kohlenstoffs, sondern die des Kalziumkarbonats mit dem Auftreten der dunklen Lagen/organischen Warven zusammenfallen. In dieser Arbeit wird daher bewußt vom Terminus „organische Warven“ Abstand genommen und nur der beschreibende Begriff „dunkle Lagen“ verwandt.

ZF: Kern NP94-17 SL des mittleren Liefdefjords ist über weite Bereiche strukturlos. Flaserschichtung tritt nur bereichsweise, insbesondere im unteren Kernbereich auf. Für den mittleren Liefdefjord kennzeichnend ist das gehäufte Auftreten von Fressbauten des *Tasselja* Typs und Pyrit. Besonders der Kernabschnitt 60-160cm ist ein Beispiel für die bereichsweise Dominanz der Lebensspur *Tasselja*. Pyrit findet sich sowohl in Form von Fäden, als auch in Form von Einzelkristallen. Pyritfäden treten über den gesamten mittleren Kernabschnitt (ca. 70-310cm) etwa gleichmäßig verteilt auf. Im Intervall 90-160cm sind alle Wurmbauten pyritisiert.

Typisch für Kern NP94-13 SL der lateralen Zentralregion ist das Auftreten von Bereichen mit gradierter Schichtung und die deutliche Zunahme von schlecht gerundeten Steinen im unteren Bereich (30-84cm). Unterhalb ca. 58cm ist Kern NP94-13 SL strukturlos. Die Bereiche mit gradierter Schichtung des mittleren und unteren Kernabschnitts (20-35 und 45-50cm) zeigen einen 5cm Rhythmus. Bioturbationsspuren ließen sich nur im oberen Kernabschnitt (0-35cm) finden. Pyrit findet sich in der Form von Fäden im Intervall 11-28cm.

Typisch für den Kern NP94-18 SL der Zentralregion ist das Auftreten von Flaserschichtung über die gesamte Kerntiefe hinweg. Gradierte Schichtung findet sich nur einmal, Feinsandlagen siebenmal. Typisch ist das Auftreten von Pyrit ab ca. 15cm Teufe. Pyrit kommt in der Form von Fäden (selten), Kügelchen (vorherrschend) und Einzelkristallen/Aggregaten in Wurmbauten vor. In Kern NP94-18 SL finden sich die meisten Schalen und Schalenfragmente des Fjordsystems. Tabelle 4.5.4. zeigt die Zusammenfassung der Merkmale der Sedimentkerne der Liefdefjordprovinz.

Tab. 4.5.4.: Merkmale der Sedimentkerne des mittleren Liefdefjords und der Zentralregion (% = nicht beobachtbar).

Merkmal	NP94-17 SC (mittlerer Liefdefjord)	NP94-13 SL (laterale Zentral-region)	NP94-18 SL (Zentralregion)
rhythmische Auftreten von Grobsediment- lagen	zumeist diffus verteilt; lagig bei 45, 60, 114, 188, 239, 315 und 358cm; keine Rhythmen ableitbar	diffus verteilt, mit zunehmender Teufe zunehmend mehr Grobsedimente, Koppelung an Bereich mit gradierter Schichtung; keine Rhythmen ableitbar	ca. 15cm Rhythmus : zwischen 0-30cm; sonst diffus, unscharfe Lage ausbildend
gradierte Schichtung	%	5cm Rhythmus: 20-35 und 45-50cm, außerdem bei 5cm	1x zwischen 103-105cm
Feinsandlagen	eine Feinsandlage bei 302cm; keine Warven	Feinsandlagen im Bereich 50- 58cm; keine Warven	Feinsandlagen bei 87, 197, 205, 245, 269, 285 und 305cm; keine Warven
Steine/Drop-stones	sporadisch, gehäuft 0-12, 88- 100 und 108-112cm; insgesamt gut gerundet	oberes Intervall 0-20cm sporadisch, ab ca. 35cm mit zunehmender Teufe zunehmend mehr und größer; insgesamt schlecht gerundet	sporadisch durchlaufend, Häufungen: 70-80, 275-285 und 360-363cm; insgesamt schlecht, mit zunehmender Teufe besser gerundet
Bioturbation	nicht durchgehend bioturbat; Auftreten von <i>Tasselina</i> , langgestreckten und kleinen gewundenen Bauten; relativ gleich-mäßige Verteilung aller Bautentypen, abschnitts- weise Dominanz einzelner Typen: <i>Tasselina</i> bei 0-20, 65- 75, 81-100 und 110-160cm, langgestreckte Bauten bei: 20-30, 75-81, 100-110, 210- 260 und 282-286cm, gewundene: 50-60 und 160- 164cm; insgesamt stark, mit zunehmender Teufe schwächer bioturbat	nur im Bereich 0-25cm bioturbat; <i>Tasselina</i> und langgestreckte Bauten insgesamt mäßig bis schwach bioturbat	nicht durchgehend bioturbat, <i>Tasselina</i> bei 2-50cm, dominierend langgestreckte Bauten; insgesamt mäßig bis stark bioturbat
Schalenreste	sporadisch, etwa gleich- mäßig verteilt; lagige Häufungen bei 62 und 346cm	sporadisch bis 46cm Teufe; relative Häufung im Intervall 28-30cm	sporadisch über den gesamten Kern verteilt; Häufungen bei 70-80, 98-102, 248-255, 275-285 und 360- 363cm
Pyrit	im Intervall 70-310cm durchgehendes Auftreten von Pyritfäden; ab ca. 90cm pyritisierte Wurmbauten mit Einzelkristallen; kein Pyrit oberhalb von 70cm	Fäden im Intervall 11-28cm	unterhalb ca. 14cm durchlaufend Pyrit als Kügelchen und in kleinen Aggregaten; Pyritfäden sporadisch bei: 70-72, 96- 100, 122-126, 193-196, 240- 242, 291-293 und 316- 335cm; pyritisierte Wurmbauten bei: 23-27, 35- 49, 80-104, 116-124, 250-254 und 305-335cm; oberhalb von 15cm kein Pyrit

4.5.2. Sedimentphysikalische Parameter

Die Ergebnisse der Messungen der sedimentphysikalischen Eigenschaften der Kerne aus der Woodfjordprovinz sind in Abbildung 4.5.3. dargestellt. Die der Liefdefjordprovinz zeigt Abbildung 4.5.4., die der Zentralregion Abbildung 4.5.5. Die Extrem- und Mittelwerte finden sich in Tabelle 4.5.5.

Um mögliche Abhängigkeiten der sedimentphysikalischen Eigenschaften der Sedimente vom Gehalt der Grobfraction (Korngrößenfraction $>63\mu\text{m}$) darzustellen, wurde dieser Parameter bereits hier mit in die jeweiligen Graphiken aufgenommen (vgl. auch Kap. 4.5.4.: Korngrößenverteilung).

Aus den Durchschnittswerten der sedimentphysikalischen Parameter ergeben sich für die Sedimente der Fjordprovinzen folgende Bilder:

1. Die Sedimente der **Woodfjordprovinz** besitzen bei mittlerer Trockendichte den geringsten Gehalt der Grobfraction (ca. um den Faktor 40 kleiner als der der Liefdefjordprovinz) im Fjordsystem. Sie zeigen die niedrigsten Scherfestigkeits- und GRAPE-Dichtewerte und mittlere Trockendichte-, Wassergehalts- und Porositätswerte.
2. In der **Liefdefjordprovinz** finden sich die größten Werte aller sedimentphysikalischen Messungen im Fjordsystem.
3. In der **Zentralregion** des Wood- und Liefdefjords finden sich mittlere Gehalte der Grobfraction, der Scherfestigkeit und der GRAPE- Dichte. Die Wassergehalts- und Porositätswerte sind die höchsten, die der Trockendichte die niedrigsten des Fjordsystems.

Inwieweit sektionsinternen Variationen der GRAPE-Dichte- und der magnetischen Suszeptibilitätsmessungen auf Strukturänderungen zurückzuführen sind, bleibt offen. Eine eindeutige Korrelation mit den anderen Parametern ist nicht ableitbar.

Generell findet sich bei allen Kernen eine Zunahme der Naß- und Feuchtdichte sowie der Scherfestigkeit mit der Teufe. Gleichzeitig läßt sich eine Abnahme der Porosität und des Wassergehalts mit der Teufe beobachten.

Änderungen der sedimentphysikalischen Parameter ließen sich nicht mit internen Reflektoren der akustisch laminierten seismischen Einheit 1a korrelieren. Deutliche Änderungen der sedimentphysikalischen Parameter wären im Übergangsbereich zwischen den seismischen Einheiten zu erwarten gewesen, die jedoch nicht erreicht wurden (zu geringer Kerngewinn).

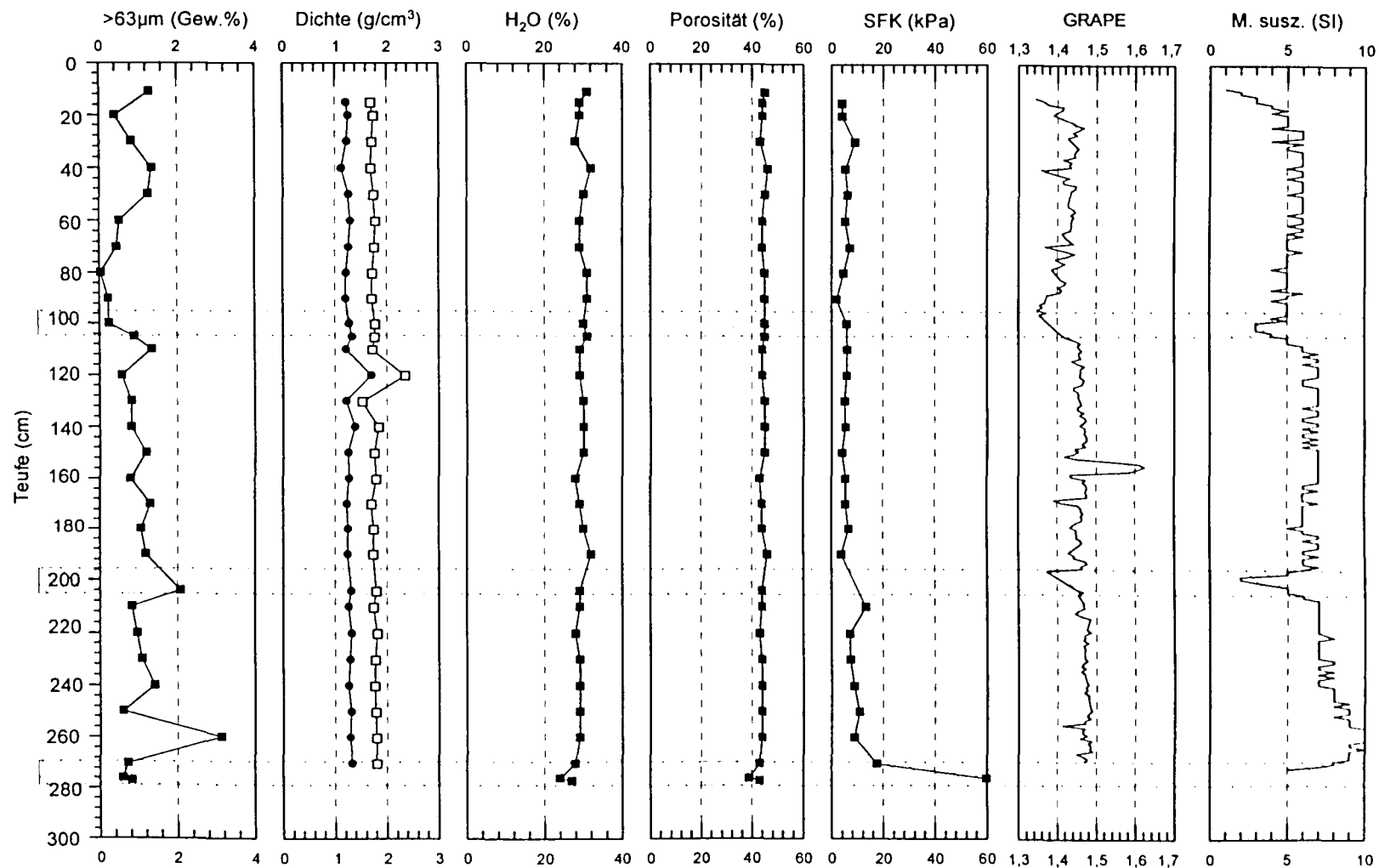


Abb. 4.5.3.: Woodfjord: Sedimentphysikalische Eigenschaften von Kern NP94 - 11 SC.
Benutzte Abkürzungen: H₂O(%) : Wassergehalt in (%), SFK : Scherfestigkeit in (kPa),
GRAPE: GRAPE-Dichte in (g/cm³), M.susz (SI): magnetische Suszeptibilität in (SI).

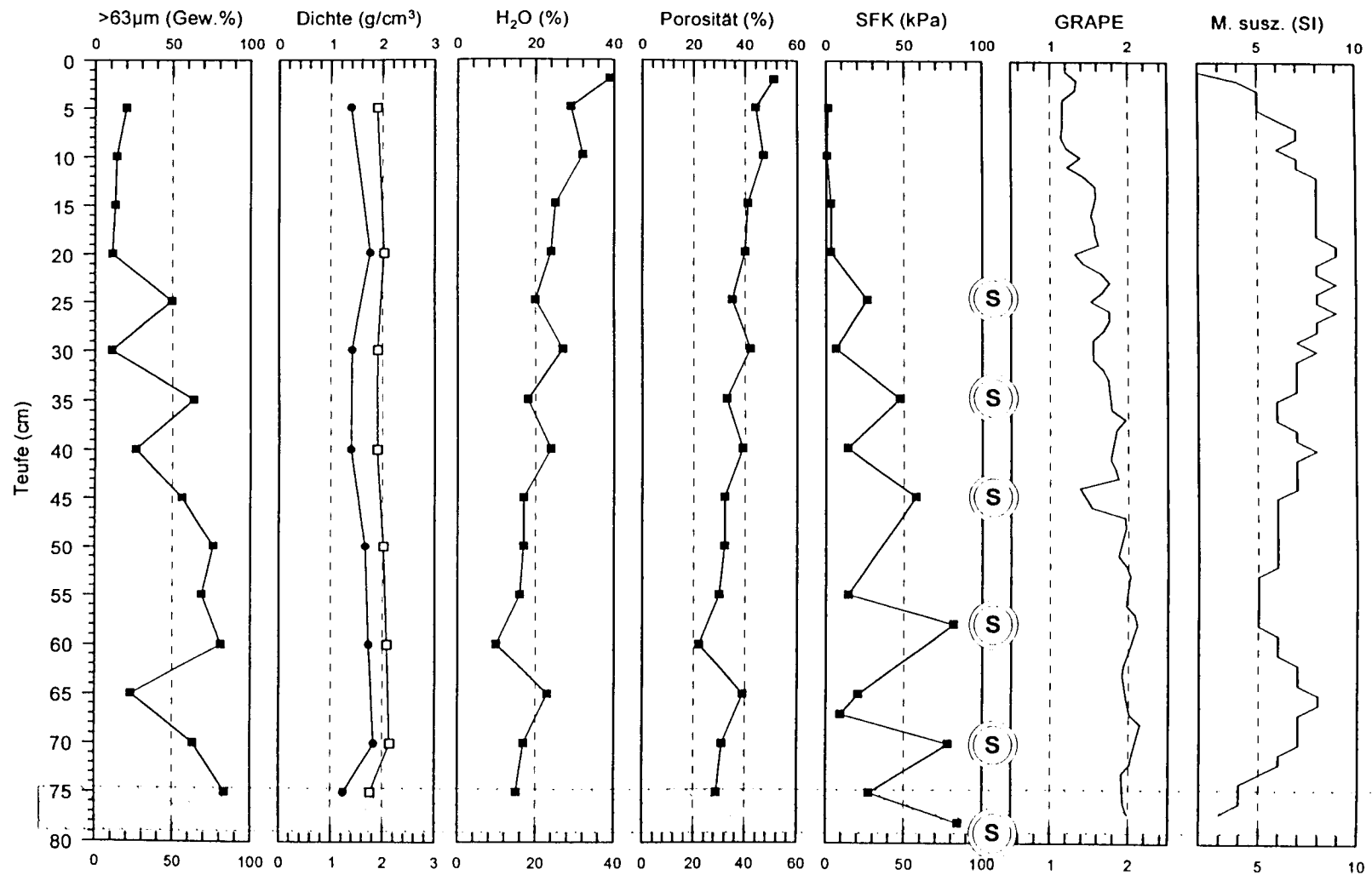


Abb.: 4.5.4.: Liefdefjord: Sedimentphysikalische Eigenschaften von Kern NP94-14 SL

((S)) = Sandlage

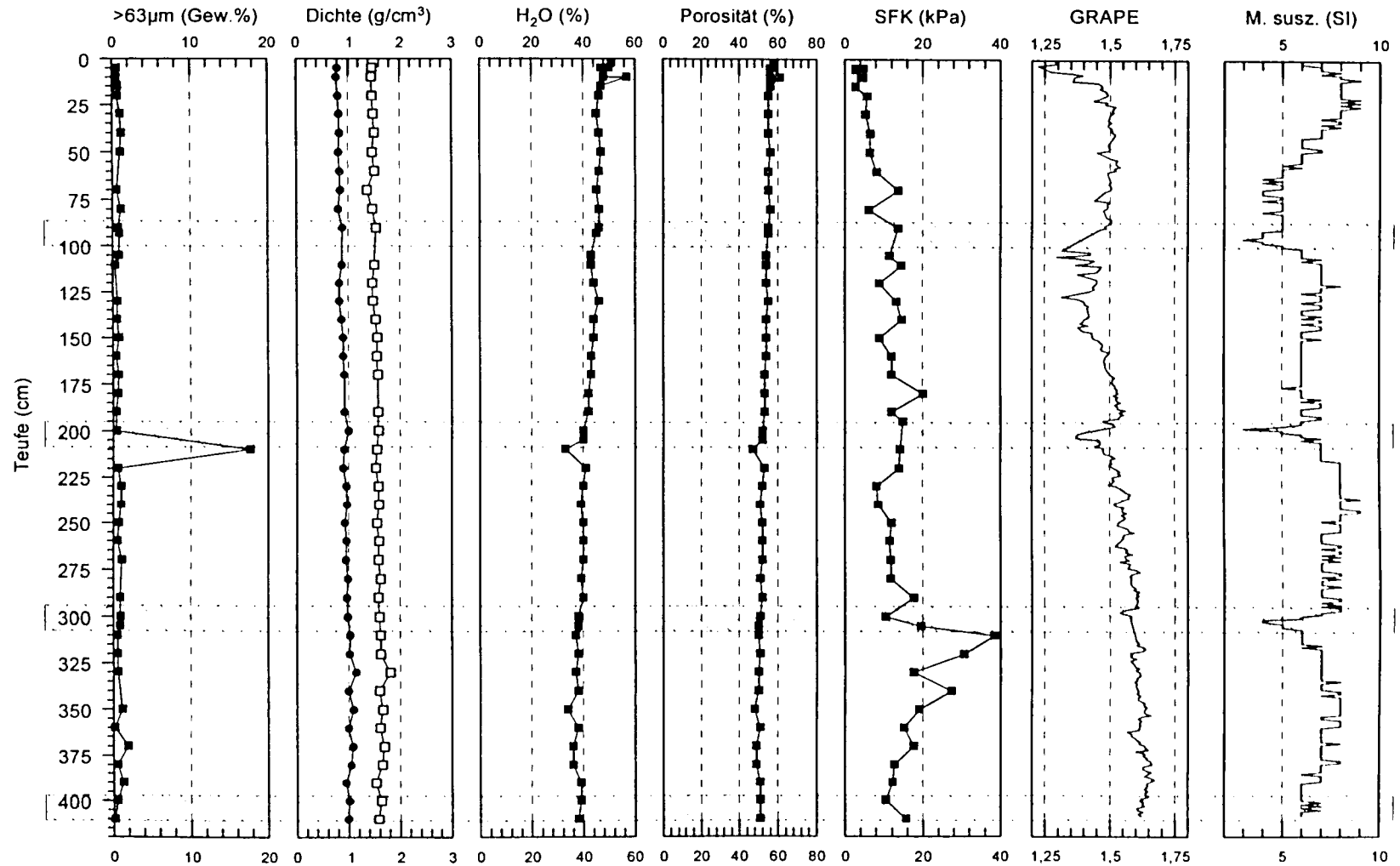


Abb. 4.5.5.: Zentralregion: Sedimentphysikalische Eigenschaften von Kern NP94-18 SL

Tab. 4.5.5.: Extrem- und Mittelwerte sowie Standardabweichungen der sedimentphysikalischen Parameter in den Fjordprovinzen. (>63µm = Fraktion größer 63µm, F.-Dichte = Feuchtdichte, T.-Dichte = Trockendichte, GRAPE = GRAPE-Dichte, Scherfestig. = Scherfestigkeit) Die entsprechenden Meßwerte finden sich im Anhang 7.4.

	>63µm (Gew.%)	F.-Dichte (g/cm³)	T.-Dichte (g/cm³)	GRAPE (g/cm³)	H ₂ O (%)	Porosität (%)	Scherfestig. (kPa)
WF							
Maximum	3,13	2,38 *	1,7	1,62	32	46	9,82 *
Minimum	0,04	1,55	1,12	1,35	24	39	2,06
Mittelwert	0,961	1,77	1,28	1,45	29,29	44,1	6,76
Standardabw.	0,59	0,06	0,09	0,12	1,5	1,25	3,2
LF							
Maximum	83,59	2,12	1,83	2,14	39	51	84,34
Minimum	3,44	1,74	1,24	1,15	10	22	0,97
Mittelwert	39,31	1,94	1,56	1,69	22,06	36,67	22,87
Standardabw.	27,94	0,12	0,22	0,28	7,33	7,51	30,18
ZF							
Maximum	17,68	1,8	1,14	1,67	46	61	38,49
Minimum	0,21	1,35	0,77	1,23	39	47	2,79
Mittelwert	1,09	1,55	0,92	1,53	44,09	53,07	12,51
Standardabw.	2,57	0,08	0,09	0,8	4,65	2,74	7,02

* „Ausreißer“/Extremwert am Kernende; nicht berücksichtigt

Magnetische Suszeptibilität

Typisch für die Meßwerte der magnetischen Suszeptibilität ist ein monotoner Verlauf mit Variationen von $\pm 1\text{SI}$ um einen „Plateauwert“ innerhalb der einzelnen Sektionen. Inwieweit sich die Änderungen um $\pm 1\text{SI}$ auf sektionsinterne Veränderungen der Sedimente zurückführen lassen, läßt sich aus den anderen erhobenen Parametern nicht ableiten. Wahrscheinlicher sind methodische Probleme bei der Messung der Parameter im Core-Logger (vgl. Kap. 3.3.4.).

Auffälligkeiten und Besonderheiten der Messungen sind folgende:

WF (NP94-11 SC): Zwischen 240-265cm Teufe ist ein Ansteigen der Meßwerte zu beobachten, der über den Plateauwert deutlich hinausgeht. Dieser Anstieg kann mit dem Anstieg des Grobfraktionsgehalts in 260cm Teufe korreliert werden.

LF (NP94-14 SL): Korrelationen zwischen der magnetischen Suszeptibilität und dem Gehalt der Grobfraktion ließen sich nicht beobachten.

ZF (NP94-18 SL): Korrelationen zwischen der magnetischen Suszeptibilität und dem Gehalt der Grobfraktion ließen sich nicht beobachten.

Eine Zuordnung hoher Suszeptibilitätswerte zu Bereichen erhöhten IRD-Anteils ließ sich nicht durchführen.

4.5.3. Kalziumkarbonatgehalte

Die Ergebnisse der Kalziumkarbonatmessungen sind in den Abbildungen 4.5.6.A.: WF, B.: LF und C.: ZF, die Mittel- und Extremwerte in Tabelle 4.5.6. dargestellt.

In der **Woodfjordprovinz** lassen sich die höchsten Karbonatwerte im Fjordsystem beobachten. Der durchschnittliche Gehalt an Kalziumkarbonat ist etwa dreimal so groß wie der der Zentralregion des Wood- und Liefdefjords und fast sechsmal so groß wie der des inneren Liefdefjords (vgl. Abb. 4.5.8.A.).

Die Kalziumkarbonatgehalte der **Liefdefjordprovinz** sind etwa um den Faktor 4 kleiner als die der Woodfjordprovinz (vgl. Abb. 4.5.8.B.).

In der **Zentralregion** kann ein Ansteigen des Karbonatgehalts mit der Teufe beobachtet werden (vgl. Abb. 4.5.8.C.).

Tab. 4.5.6.: Mittel- und Extremwerte der CaCO_3 -Gehalte der Fjordprovinzen. Die Meßwerte finden sich im Anhang 7.4.

		Kalziumkarbonat (Gew.%)
WF	Maximum	17,5
	Minimum	5,7
	Mittelwert	11,6
LF	Maximum	3,5
	Minimum	1,4
	Mittelwert	2,3
ZF	Maximum	6,5
	Minimum	2,7
	Mittelwert	4,4

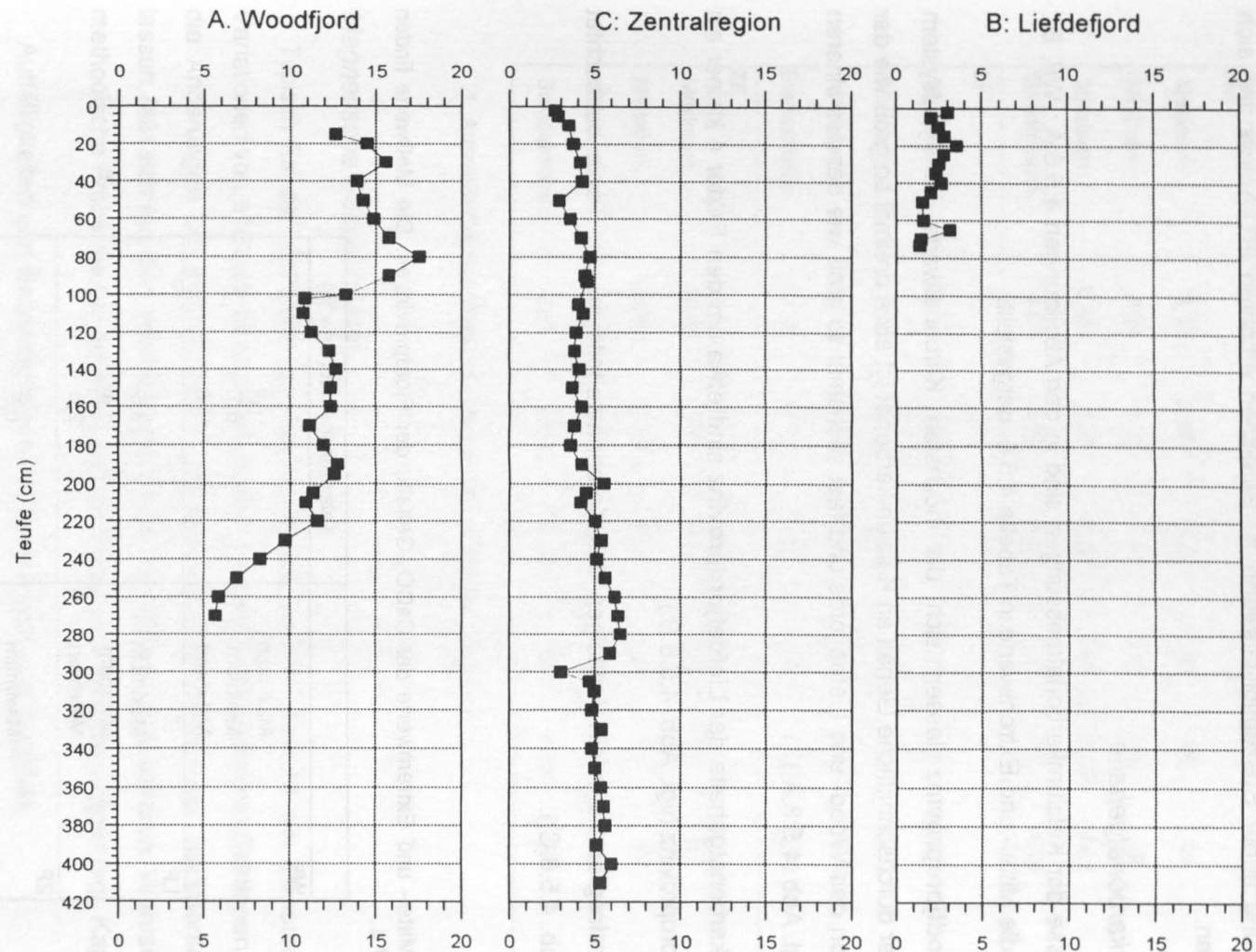


Abb.: 4.5.6.: Kalziumkarbonatgehalte der Fjordprovinzen in (Gew.%): A: NP'94-11 SC, B: NP'94-14 SL, C: NP'94-18 SL.

4.5.4. Korngrößenverteilung

Einen Überblick über die durchschnittliche Korngrößenverteilung der Sedimentkerne des Fjordsystems gibt die Graphik Abbildung 4.5.7.

Die Sedimente wurden nach ihrer Korngröße nach HOLTEDAHL (1975) klassifiziert. Für die hier benutzte Darstellung im Dreiecksdiagramm wurden die Subfraktionen zu den Kategorien Schlick (Fraktion $<63\mu\text{m}$), Sand (Fraktion $>63\text{--}1000\mu\text{m}$), Grobsand/Kies (Fraktion $>1000\mu\text{m}$) zusammengefaßt und dargestellt.

Deutlich ist die Dominanz der Ton-/Silt-Fraktion zu erkennen. Die Ton-/Silt-Fraktion nimmt 98-93Gew.% der Kerne NP94-11 und -18 ein. Nach der Klassifikation von HOLTEDAHL (1975) fallen beide Kerne in die Kategorie „Schlick“. Einzig Kern NP94-14 fällt in die Kategorie „sandiger Schlick“.

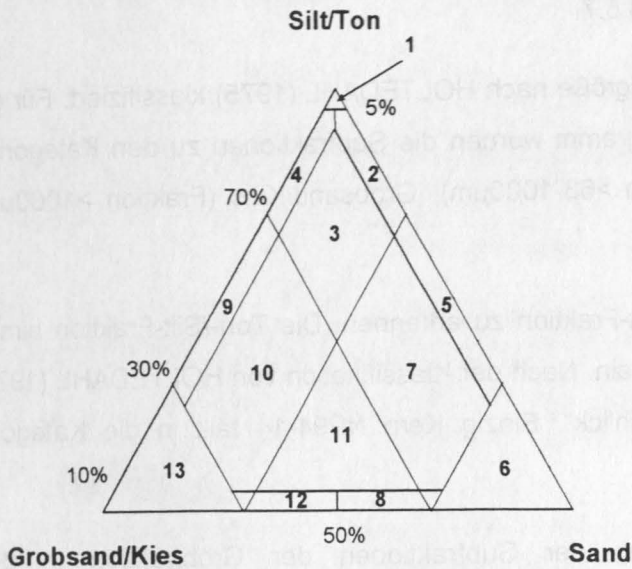
Einen Überblick über die Verteilung der Subfraktionen der Grobfraktion in den Fjordprovinzen geben die Abbildungen 4.5.8.A. (WF), B. (LF) und C. (ZF).

Die Unterschiede zwischen den Provinzen werden besonders deutlich durch den in Tabelle 4.5.7. dargestellten, stark wechselnden Gehalt der Fraktion $>63\mu\text{m}$. Den größten Anteil am Grobsediment des Liefdefjords hat die Fraktion $125\text{--}250\mu\text{m}$ (vgl. Abb. 4.5.8.B) in der Werte um 75Gew.% erreicht werden. Vergleiche mit den anderen Kernen zeigen, daß sich der Hauptanteil in Richtung der feineren Korngrößen verschiebt. In den Kernen des Woodfjords und der Zentralregion ist die Fraktion $63\text{--}125\mu\text{m}$ die dominierende Fraktion.

4.5.5. Komponentenanalyse der Fraktion $>125\mu\text{m}$

Die Fraktion $>125\mu\text{m}$ der Sedimentkerne wurde in Hinblick auf ihre biogenen und terrigenen Komponentenzusammensetzung unter dem Binokular analysiert und zu den beiden Gruppen „Gesamtbiogen“ und „Gesamtterrigen“ zusammengefaßt. Das Auftreten sonstiger Komponenten wie Pyrit und Resten chitinöser Wurmbauten wurde lediglich vermerkt.

Tabelle 4.5.7. zeigt die Gewichtsprozente der Hauptgruppen Gesamtterrigen und Gesamtbiogen der Fjordprovinzen. Zum Vergleich sind die Gewichtsprozente der gesamten Grobfraktion beigelegt.



- 1: Schlick (Mud)
- 2: sandiger Schlick (sandy mud)
- 3: sandig kiesiger Schlick (sandy, gravelly mud)
- 4: kiesiger Schlick (gravelly mud)
- 5: schlickiger Sand (muddy sand)
- 6: Sand
- 7: schlickig, kiesiger Sand (muddy gravelly sand)
- 8: kiesiger Sand (gravelly sand)
- 9: schlickiger Kies (muddy gravel)
- 10: sandig schlickiger Kies (sandy muddy gravel)
- 11: schlickig sandiger Kies (muddy sandy gravel)
- 12: sandiger Kies (sandy gravel)
- 13: Kies (gravel)

Klassifikation nach HOLTEDAHL (in Myhre 1974)

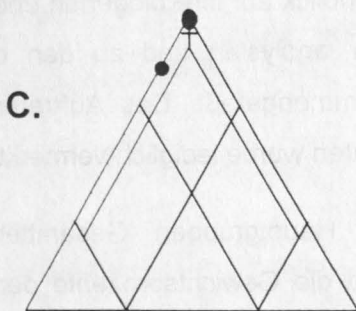
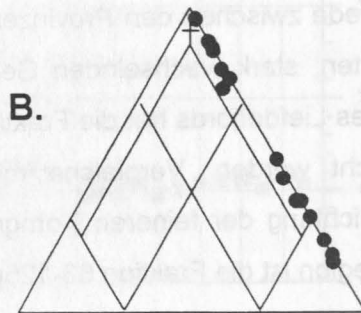
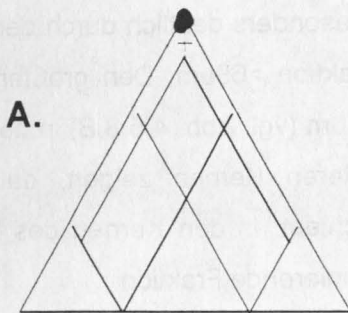


Abb. 4.5.7.:

Klassifikation der Fjordprovinzen nach der Korngröße

A.: Woodfjordprovinz (NP94-11 SC)

B.: Liefdefjordprovinz (NP94-14 SL)

C: Zusammenflußregion (NP94-18 SL)

Gewichtsprozent der Subfraktionen von Kern NP94-11 SC

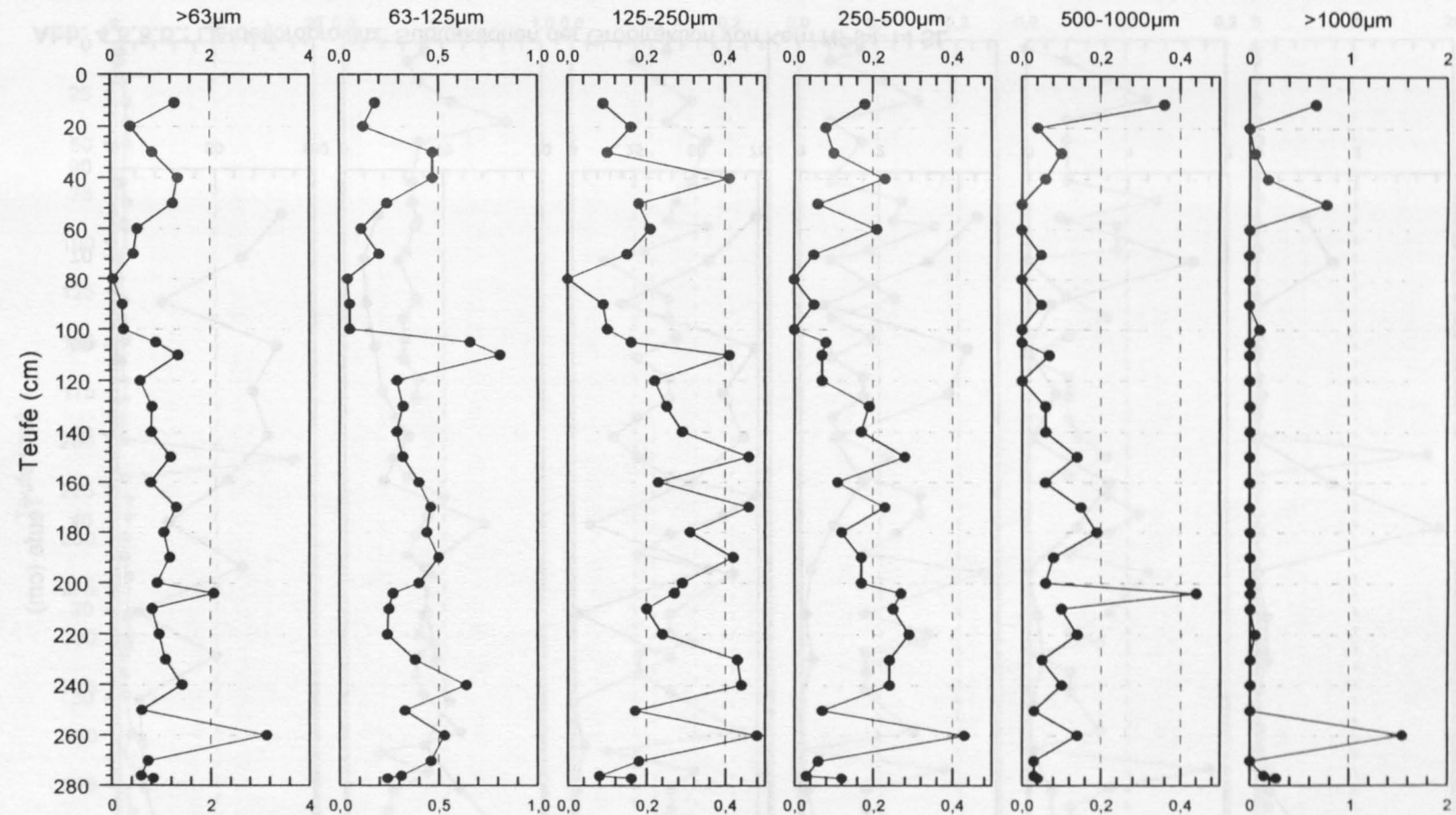


Abb. 4.5.8.a.: Woodfordprovinz: Subfraktionen der Grobfraction von Kern NP94-11 SC

Gewichtsprozent der Subfraktionen von Kern NP94-14 SL

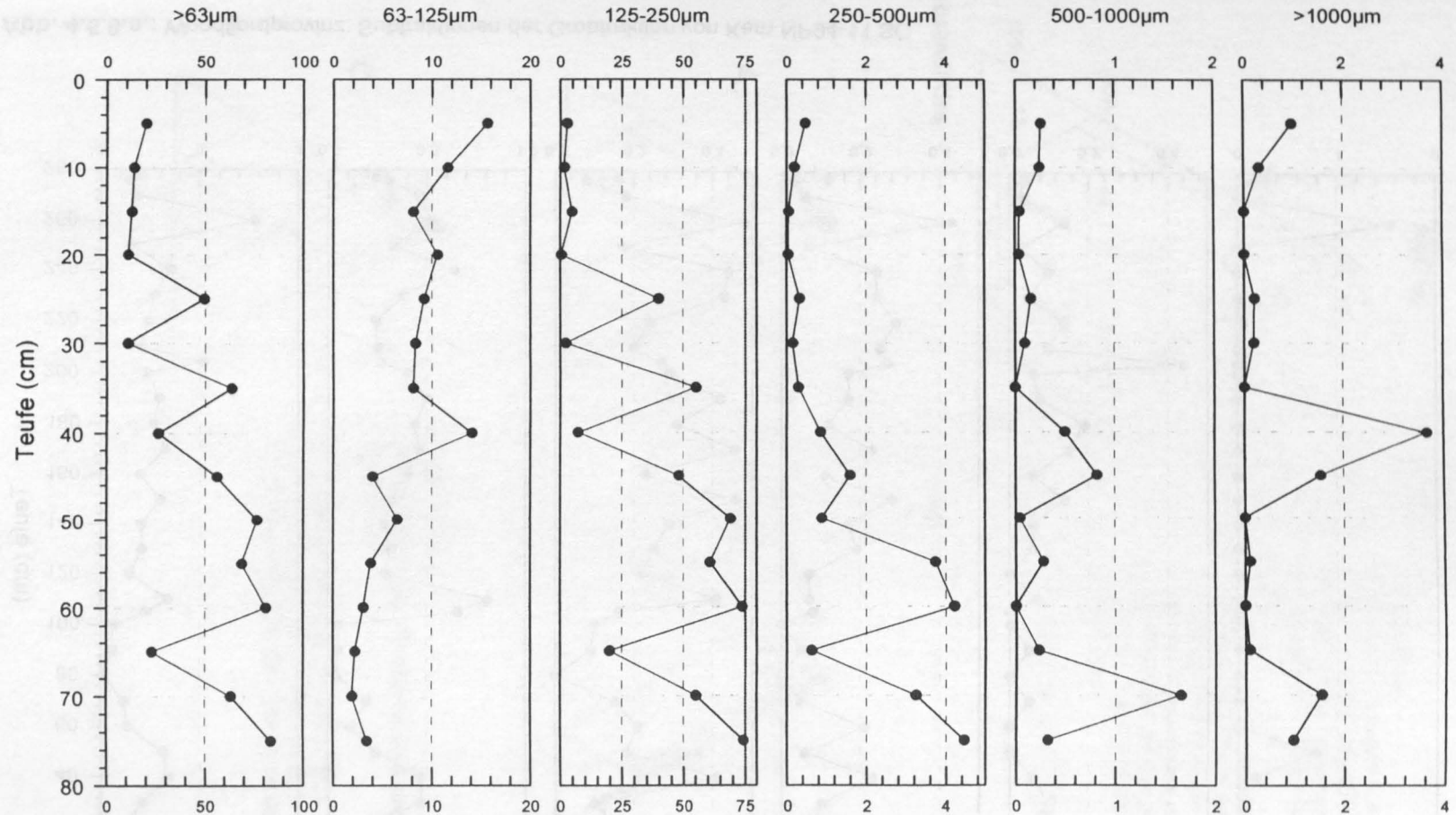


Abb. 4.5.8.b.: Liefdefjordprovinz: Subfraktionen der Grobfraction von Kern NP94-14 SL

Gewichtsprozent der Subfraktionen von Kern NP94-18 SL

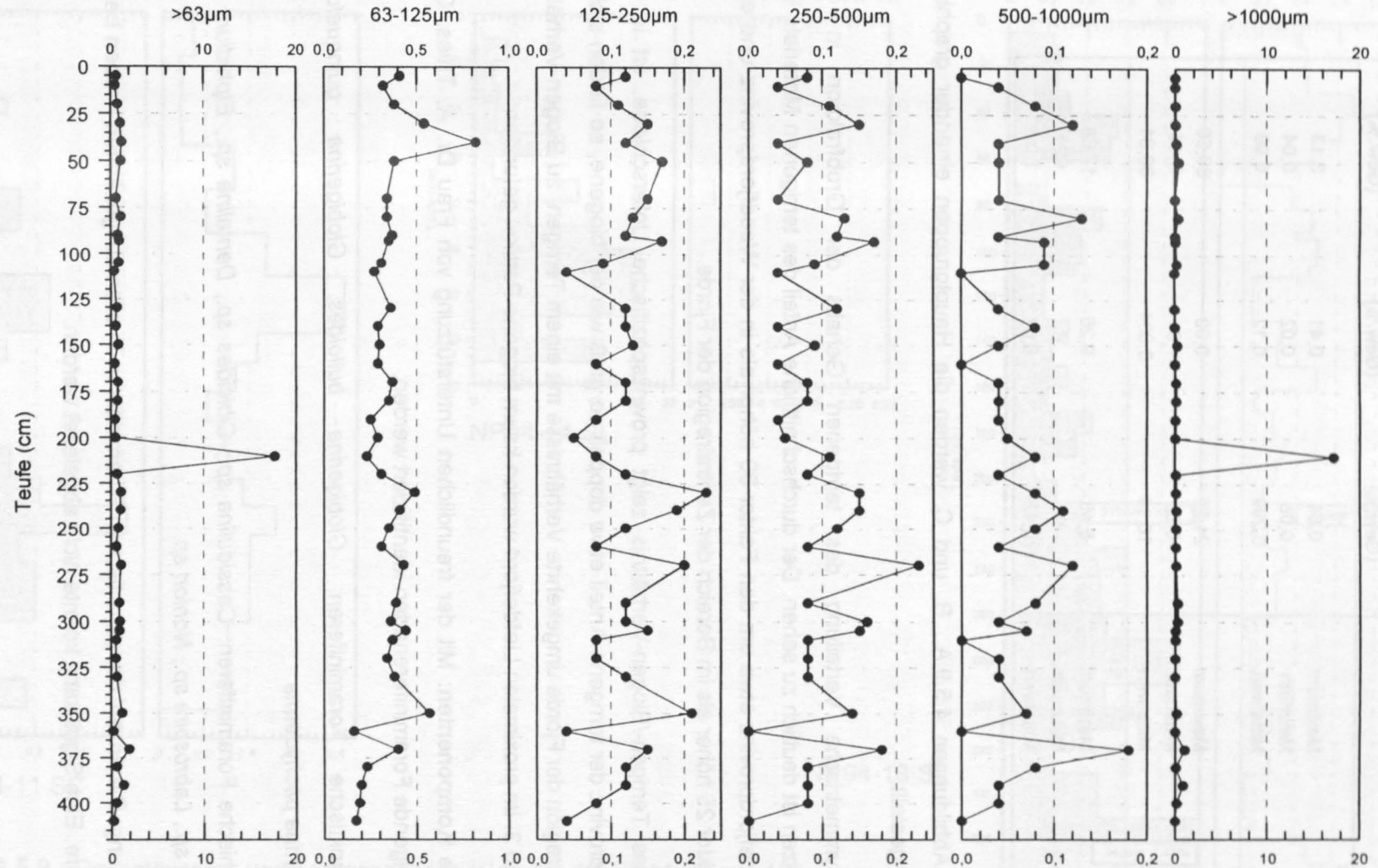


Abb. 4.5.8.c.: Zusammenflußregion: Subfraktionen der Grobfraktion von Kern NP94-18 SL

Tab. 4.5.7.: Mittel- und Extremwerte der Komponentenanalyse der Grobfraktion (Hauptgruppen).

		Gesamtterrigen (Gew.%)	Gesamtbiogen (Gew.%)	>63µm Gesamt (Gew.%)
WF	Maximum	0,84	0,41	3,13
	Minimum	0,08	0,02	0,04
	Mittelwert	0,299	0,12	0,96
LF	Maximum	21,29	0,03	89,59
	Minimum	0,82	0	3,44
	Mittelwert	10,19	0,004	39,31
ZF	Maximum	5,45	9,26	17,68
	Minimum	0	0	0,21
	Mittelwert	0,42	0,61	1,09

In den Abbildungen 4.5.9.A., B. und C. werden die Hauptgruppen einander graphisch gegenüber gestellt.

Die asymmetrische Verteilung des terrigenen Gehalts der Grobfraktion in den Fjordprovinzen ist deutlich zu sehen. Der durchschnittliche Anteil des terrigenen Materials liegt in der Liefdefjordprovinz etwa um den Faktor 30 höher als in der Woodfjordprovinz und etwa um den Faktor 25 höher als im Bereich der Zentralregion der Fjorde.

Auch das Terrigen-/Biogen-Verhältnis zeigt provinzspezifische Unterschiede. Ist in der Woodfjordprovinz der terrigene Anteil etwa doppelt so groß wie der biogene, so finden sich in der Zentralregion der Fjorde umgekehrte Verhältnisse mit einem Terrigen- zu Biogen-Verhältnis von ca. 2 zu 3. Im proximalen Liefdefjord wurden kaum biogene Partikel gefunden.

Biogene Komponenten: Mit der freundlichen Unterstützung von Frau Dr. A. Thies, GPI, konnten folgende Foraminiferenarten identifiziert werden:

1. Planktische Foraminiferen: *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba*, *Neoglobigerina pachyderma*

2. Benthische Foraminiferen: *Cassidulina sp.*, *Cibicides sp.*, *Dentalina sp.*, *Elphidium sp.*, *Haynesina sp.*, *Labrospira sp.*, *Nonion sp.*

Anmerkung: Die Anzahl der planktischen Foraminiferen in allen ausgezählten Proben betrug 6 Exemplare. Eine Signifikanz konnte nicht abgeleitet werden.

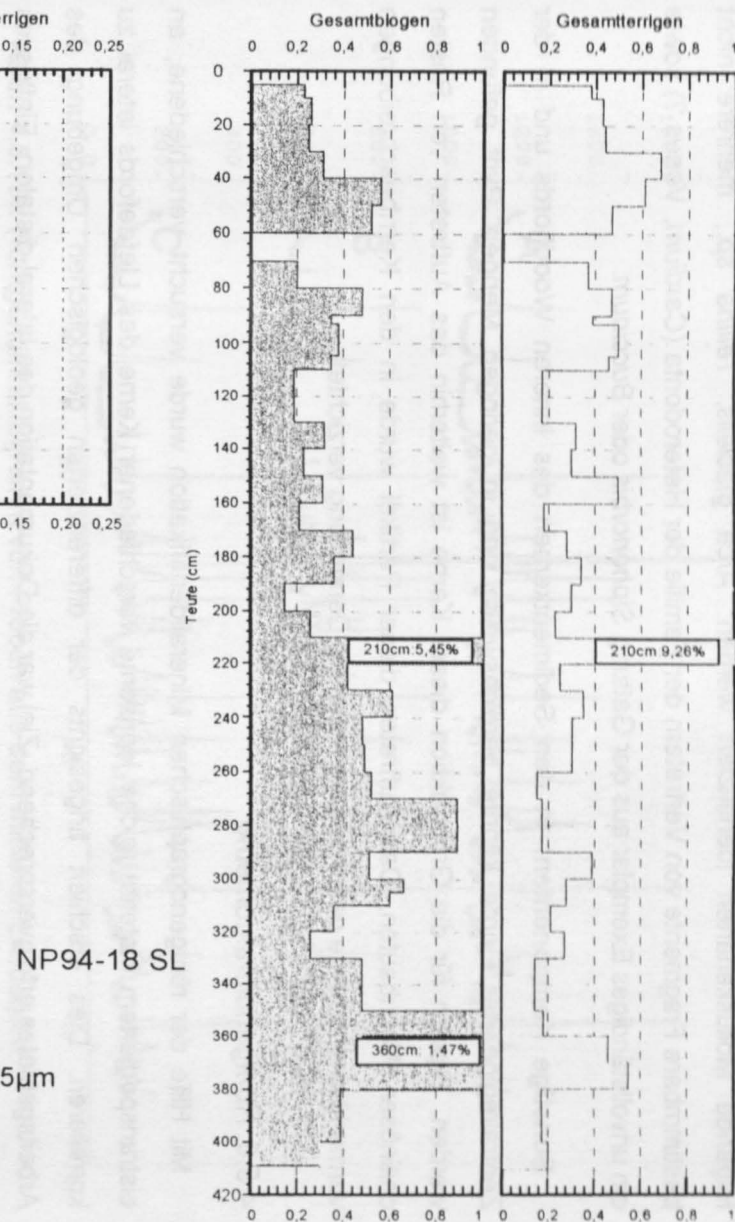
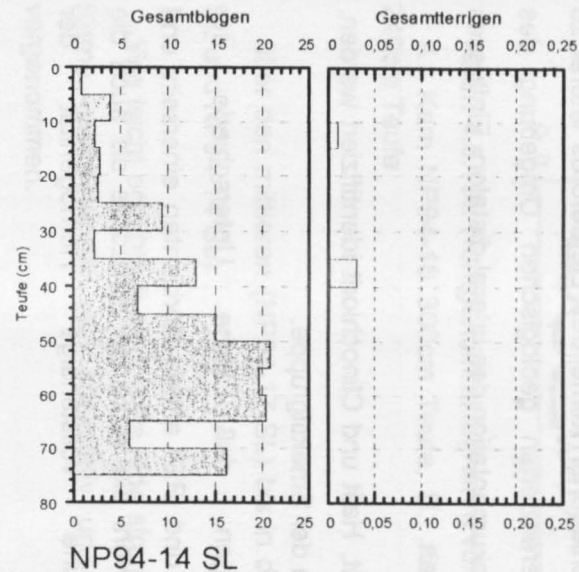
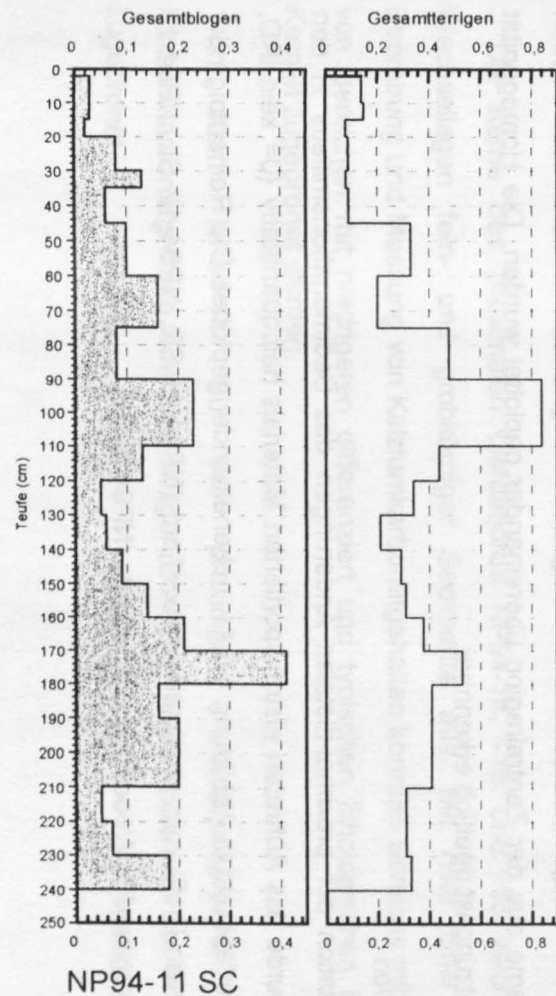


Abb. 4.5.9.: Gesamtbiogen- und Terrigengehalte (Gew.%) der Grobfraktion $>125\mu\text{m}$

A.: Woodfjord NP94-11 SC

B: Liefdefjord NP94-14 SL

C: Zentralregion NP94-18 SL

Mit der freundlichen Unterstützung von Herrn Dr. W. Brenner, GEOMAR, konnten die folgende Molluskenarten identifiziert werden: *Arca glacialis*, *Tellina sp.*, mehrere nicht bestimmbare Fragmente von Vertretern der Familie der Heterodonta (*Cardium*, *Venus* ?) sowie ein unvollständiges Exemplar aus der Gattung *Siphonorbis* oder *Buccinum*.

Sonstige Komponenten: In den Sedimentkernen des inneren Woodfjords und in der Zentralregion der Fjorde konnte bereichsweise und in geringen Mengen Pyrit gefunden werden. Typisch für die Grobfraction dieser Kerne ist weiterhin das Auftreten von Resten chitinöser Wurmbauten. Das Auftreten dieser Partikel wurde in den Kernbeschreibungen vermerkt und auf eine gesonderte graphische Darstellung verzichtet.

4.5.6. Röntgendiffraktometrie

Mit Hilfe der röntgenographischen Mineralidentifikation wurde versucht verschiedene, an eistransportiertem Material reiche Horizonte verschiedener Kerne des Liefdefjords lateral zu korrelieren. Dies erschien angesichts der differenzierten geologischen Umgebung des Arbeitsgebietes erfolgversprechend. Ziel war die Dokumentation des lateral-distalen Einflusses der Gezeitengletscher auf das Sedimentationsregime.

Es konnten die Minerale Quarz, Glimmer, Calcit, Halit und Clinochlorit identifiziert werden. Akzessorisch fand sich Plagioklas und Tonminerale der Smektitgruppe.

Insgesamt erbrachten die Untersuchungen, daß keine Unterschiede der Mineralzusammensetzung zwischen IDR- reichen und IRD- armen Horizonten einerseits und den Sedimentkernen andererseits existieren. Sowohl die einzelnen Horizonte als auch die Sedimentkerne untereinander zeigten eine vollständige Homogenität der Mineralzusammensetzung.

Abbildung 4.5.10. zeigt ein typisches Röntgendiffraktogramm, in dem drei Proben verschiedener Kerne aus der Zentralregion übereinander geplottet wurden. Die Homogenität der Zusammensetzung ist deutlich erkennbar.

Optische Korrelation

Zur Dokumentation der proximal-distalen Änderungen des Sedimentationsmilieus in den Fjordprovinzen wurde das Auftreten eistransportierten Materials halbquantitativ (0= kein IRD, 5= dominierend) erfaßt und in Abbildung 4.5.11. nebeneinander geplottet. Die Reihenfolge der Kerne beschreibt ein Profil vom proximalen Woodfjord (NP94-11 SC, NP94-12 SL, NP94-13 SL) in die Zentralregion des Wood- und Liefdefjords (NP94-18SL)

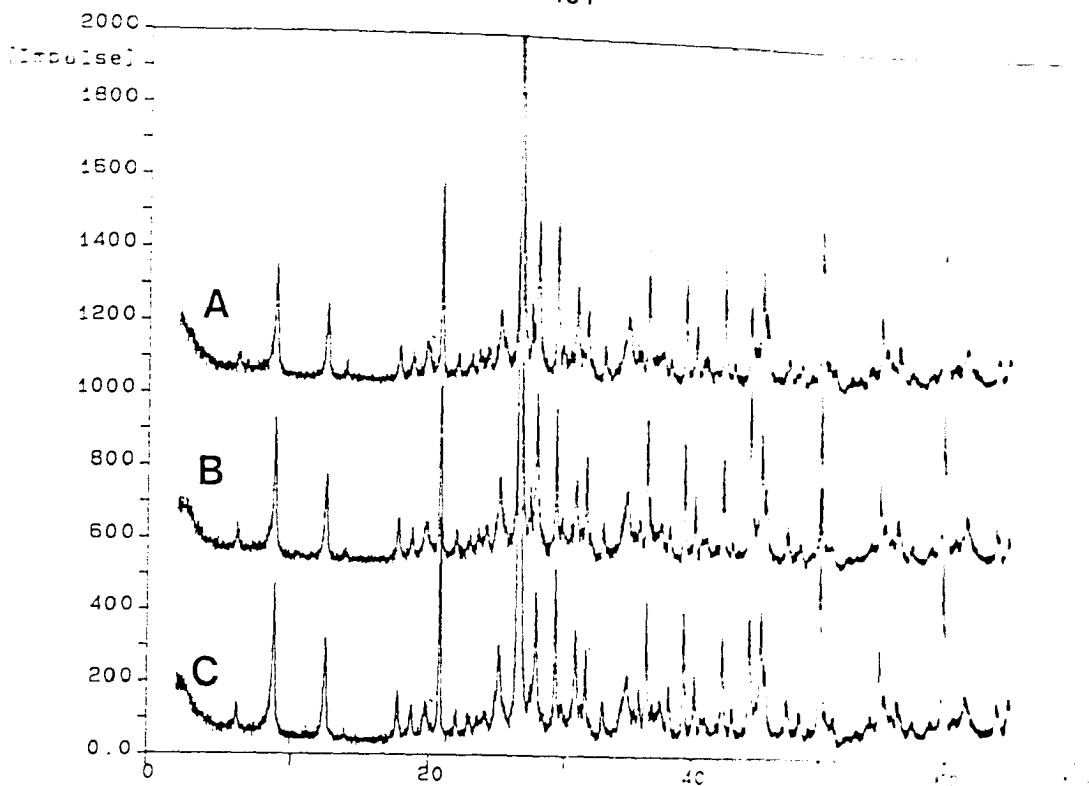


Abb.: 4.5.10.: Röntgendiffraktogramm von Proben aus dem mittleren Liefdefjord

A.: Kern NP94-18 300cm Teufe, B.: Kern NP94-18 SL, 310m Teufe, C: Kern NP94-17 240cm Teufe

über den mittleren (NP94-17 SL) bis in den proximalen Liefdefjord (NP94-16 SL, NP94-15 SL und NP94-14 SL).

Wie leicht ersichtlich wird, wäre jede stratigraphische Korrelationen der einzelnen Lagen der Kerne untereinander rein spekulativ und wird deshalb im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen.

4.5.7. Sedimentationsraten

Die Kerne des proximalen Liefdefjords NP94-14, -15 und -16 zeichnen sich durch Wechsellagen fein- und grobkörniger Sedimente aus. Mit Hilfe einer kontinuierlichen Beprobung und Messung von Kalziumkarbonatgehalten konnten Bereiche mit höheren Werten von Bereichen mit niedrigeren differenziert und typischen lithologischen Einheiten in den Kernen zugeordnet werden.

In Kern NP94-14 SL der proximalen Liefdefjordprovinz konnten hohe Kalziumkarbonatgehalte feinkörnig-tonigen Bereichen jeweils oberhalb von Grobsedimentlagen zugeordnet werden. Sie wurden als Sommerlagen definiert

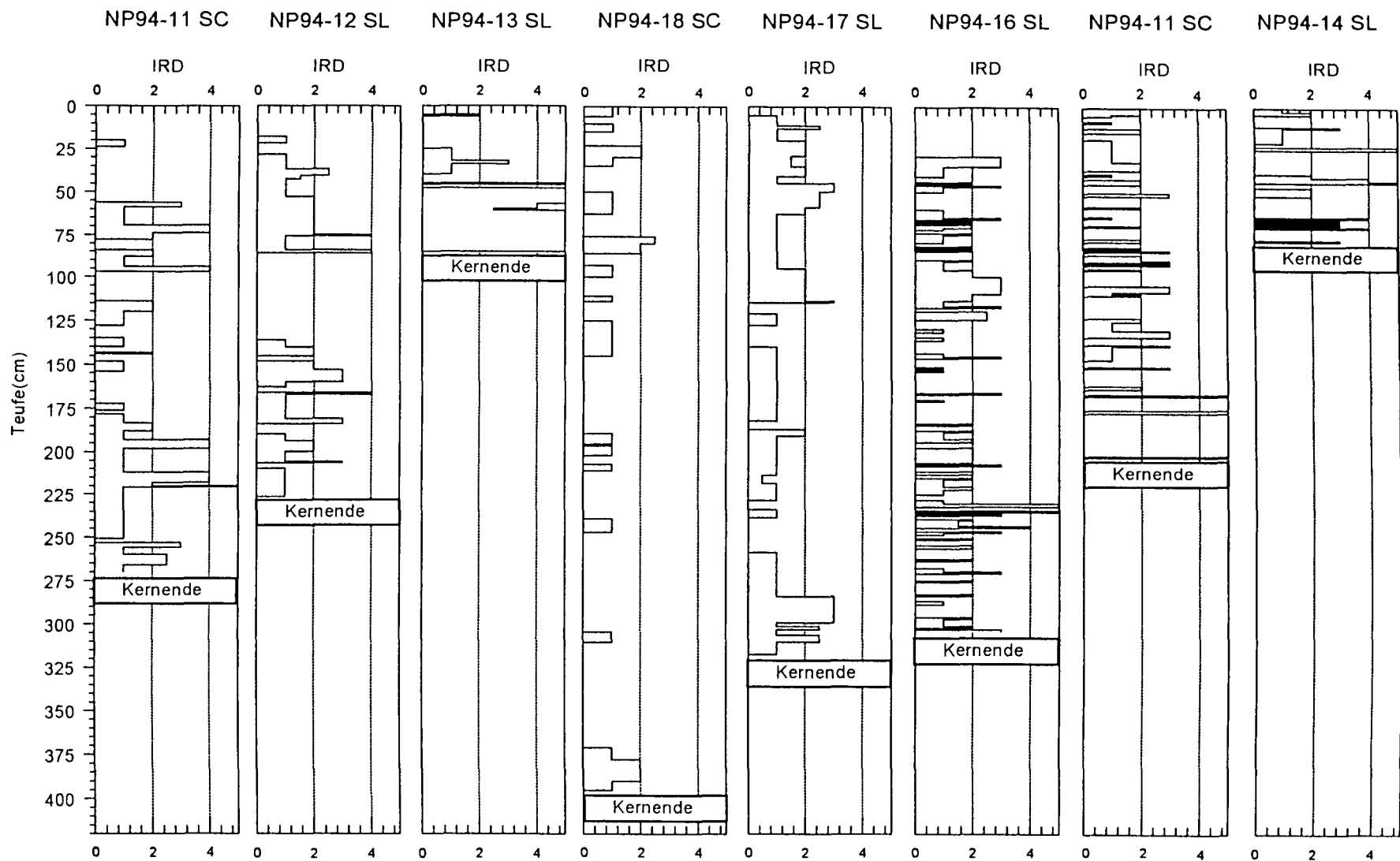


Abb. 4.5.11.: Parallelisierung der IRD-Gehalte der Kerne des Fjordsystems

Eine Zählung über den gesamten Kern hinweg ergab eine mittlere Sedimentationsrate von ca. 5cm/a. Die mit dem Kern insgesamt durchteufte Zeitspanne beträgt demnach ca. 16 Jahre.

Auch in Kern NP94-15 SL finden sich höchste Kalziumkarbonatgehalte in feingeschichteten Bereichen oberhalb von Grobsedimentlagen. Auch hier stellen demnach die feingeschichteten Bereiche die Sommerlagen dar. Eine Zählung ergab eine mittlere Sedimentationsrate von ca. 5,5cm/a. Die insgesamt durchteufte Zeitspanne beträgt demnach etwa 44 Jahre.

Zählungen nach entsprechenden Kriterien an Kern NP94-16 SL ergaben eine mittlere Sedimentationsrate von ca. 4cm/a. Die insgesamt durchteufte Zeitspanne beträgt demnach etwa 55 Jahre.

Für den Bereich des proximalen Liefdefjords kann also eine mittlere Sedimentationsrate von 5cm/a gefolgert werden. Mit zunehmender Distanz zum Gletscher nimmt die Sedimentationsrate ab.

5. Diskussion der Ergebnisse, Interpretation der Sedimentationsprozesse und chronologische Entwicklung des Sedimentationsraumes

5.1. Einleitung

Das Fjordsystem ließ sich sowohl seismisch und sonographisch, als auch sedimentologisch und ozeanographisch in zwei unterschiedliche Provinzen gliedern: die Wood- und die Liefdefjordprovinz. Zu den beiden Provinzen kommt die Zentralregion beider Fjorde, in der sich die Eigenschaften der Provinzen überschneiden und einen eigenen Sedimentationsraum ausbilden. Jedem Bereich konnten typische Sedimentationsprozesse und Sedimentquellen zugeordnet werden, die sich in der Ausbildung verschiedener Lithofaziestypen äußern.

5.2. Zusammenfassende Betrachtung der Untersuchungsergebnisse

Sedimentverteilung

Aus den Maxima der regionalen Eisbergpflugmarken (EPM) und den durch die Sediment-Plumes vorgegebenen Richtungen konnte das in Abbildung 5.1. dargestellte Oberflächenströmungsmodell für das Fjordsystem abgeleitet werden. Deutlich sichtbar wird der Abfluß des Oberflächenwassers entlang der Ostküste und der - abgeleitete - Einstrom von Tiefenwasser des West-Spitzbergenstroms an der Westküste des Woodfjords. Änderungen des Strömungssystems, wie sie aus der Auswertung der Richtungen von Eisbergpflugmarken in verschiedenen Tiefenbereichen hätten ersichtlich werden müssen, ließen sich nicht belegen. Die Ausbildung eines richtungskonstanten Oberflächenströmungssystems steht in Einklang mit den von THANNHEISER & MÖLLER (1994), beschriebenen richtungskonstanten, an der Längsachse der Fjorde ausgerichteten Winden im Arbeitsgebiet. Als Hauptsedimenteintragsprozeß konnten Suspensionswolken identifiziert werden, deren beobachtete Hauptdriftrichtungen eine asymmetrische Verteilung der jungen Sedimente im Fjordsystem suggerieren. Entsprechend Größe und Anzahl der Suspensionswolken sind die größten Sedimentmächtigkeiten innerhalb der Woodfjordprovinz zu erwarten. Volumetrische Berechnungen an der obersten seismischen Einheit bestätigten dies. Das mit etwa 5km³ insgesamt relativ kleine Volumen der Sedimente im Fjordsystem läßt sich gut mit dem Phänomen des beobachteten Abflusses von Suspensionswolken aus dem Fjordsystem in den Arktischen Ozean erklären. Auftreten und Anzahl der Suspensionswolken spiegeln insbesondere die Verteilung intraditaler Schwemmfächer wieder, die ein typisches Phänomen der Woodfjordprovinz sind. Die Schwemmfächer stellen offenbar das Reservoir für bereits

durch Verwitterungsprozesse aufgearbeitetes und umgelagertes, feinkörniges Material der Suspensionswolken (Sedimentplumes) dar. Ein Vergleich zwischen dem Auftreten von Schwemmfächern und der Verteilung der geologischen Formationen des Arbeitsgebietes zeigte, daß große intratidale Schwemmfächer nur in den Bereichen auftreten, in denen auch devonische Sandsteine anstehen.

Die in den 3,5kHz- und Boomerprofilen durch den Liefdefjord beobachteten asymmetrische Füllungen der Becken im mittleren und proximalen Liefdefjord (vgl. Abb. 4.4.4.a. und b.) lassen an einen durch die Korioliskraft abgelenkten Sedimenttransport (sog. Rinneneffekt) denken (SYVITSKI et al. 1987). Für einen solchen Effekt sprechen auch das Auftreten eines zyklonalen Wirbels im zentralen Liefdefjord und die entsprechende Ablenkung kleinerer Suspensionswolken im proximalen Liefdefjordbecken. Hinweise auf sedimenttransportierende Bodenströmungen konnten per Side Scan-Sonar nicht abgeleitet werden.

Lithofazielle Interpretation der sedimentologischen Untersuchungen

In Tabelle 5.1. sind die sedimentologischen und akustischen Charakteristika der Fjordprovinzen zusammenfassend dargestellt. Eine schematische Darstellung der Sedimentquellen und Sedimentationsprozesse in den Fjordprovinzen zeigt Abbildung 5.2.

Die Sedimente der **Woodfjordprovinz** werden als distaler, feinkörniger, mäßig bis stark bioturbater, glaziomariner Diamicton klassifiziert. Dessen Bildung geht im wesentlichen auf Ausflockung von Sediment aus Suspensionswolken und eine teilweise rhythmische Sedimentation gröberklastischer Lagen (SYVITSKI et al. 1987, SYVITSKI & PRAEG 1989) in Folge erhöhten Schmelzwasserabflusses (Schneesmelze) zurück. Das sporadische Auftreten von IRD zeigt den geringen Einfluß von Eisbergen auf das Sedimentationsgeschehen an. POWELL (1981) beschreibt vergleichbare Sedimente als typisch für einen an Land endenden Gletscher mit vorgelagertem Intratidalbereich („turbid outwash sediments“).

Die Sedimente der **Liefdefjordprovinz** werden als proximaler Diamicton definiert, die zu dem Sedimentationsmilieu eines stagnierenden bzw. sich langsam zurückziehenden Gezeiten-Gletschers gehören. Das Auftreten von Sandlagen einerseits und Warven andererseits spricht für ein Sedimentationsgeschehen mit starken saisonalen Variationen. Das Auftreten von blasenförmigen Hohlräumen in einem Kern des proximalen Liefdefjord Beckens (vgl. Kap. 4.2.) ist ein spezielles und nur dort zu beobachtendes Phänomen. Seismisch ließen sich keinerlei Anzeichen für Gasvorkommen im Fjordsystem finden.

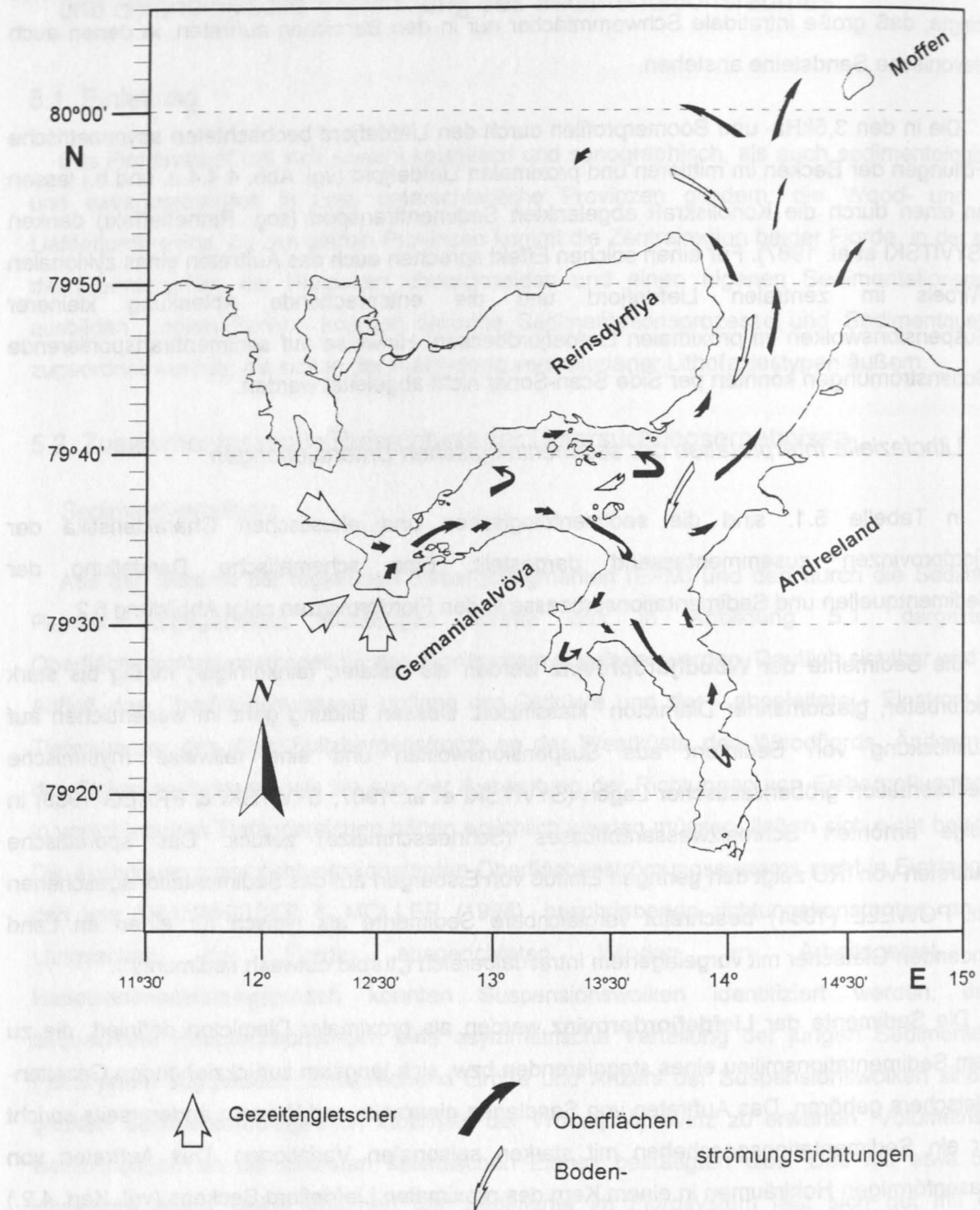
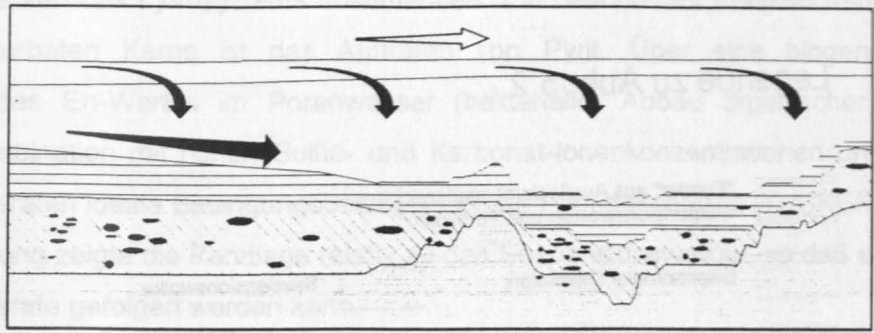
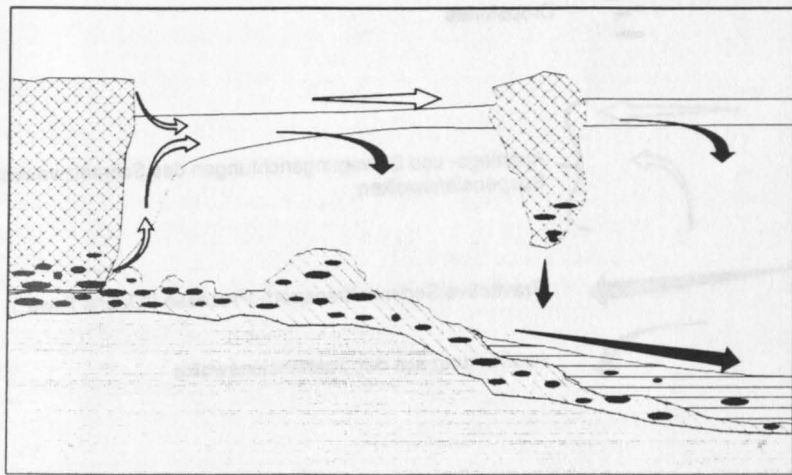


Abb. 5.1.: Oberflächen- und Bodenströmungssystem

Woodfjordprovinz



Liefdefjordprovinz



Zusammenflußregion

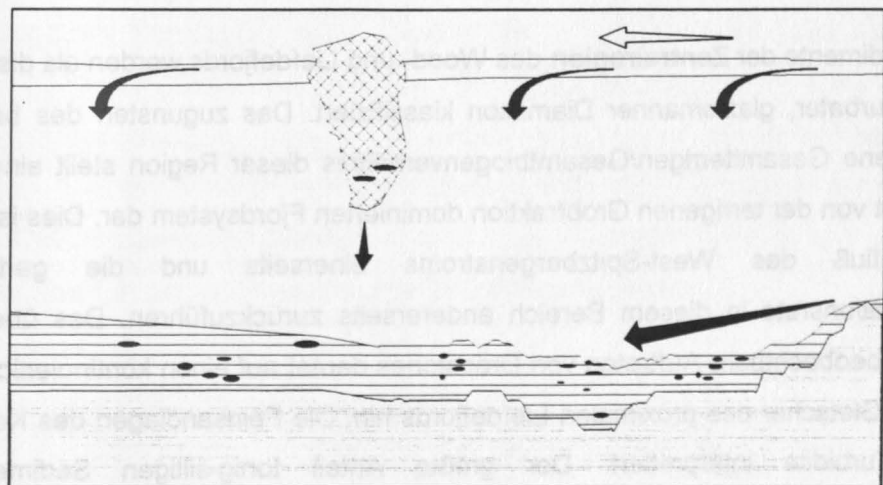
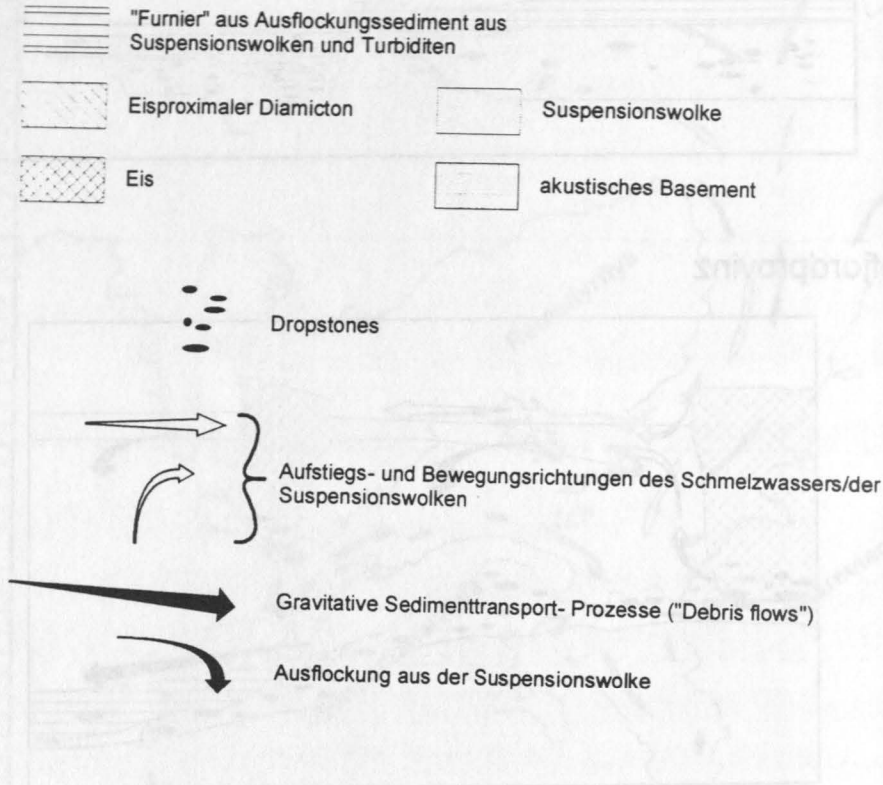


Abb. 5.2.: Sedimentquellen und Sedimentationsprozesse in den Fjordprovinzen

Legende zu Abb. 5.2.



Die Sedimente der **Zentralregion** des Wood- und Liefdefjords werden als distaler, mäßig bis stark bioturbater, glaziomarer Diamicton klassifiziert. Das zugunsten des biogenen Anteils verschobene Gesamtterrigen/Gesamtbiogenverhältnis dieser Region stellt eine Ausnahme in dem sonst von der terrigenen Grobfraction dominierten Fjordsystem dar. Dies ist vermutlich auf den Einfluß des West-Spitzbergenstroms einerseits und die geringe terrigene Sedimentationsrate in diesem Bereich andererseits zurückzuführen. Das über die gesamte Kerntiefe beobachtbare Auftreten von Dropstones deutet auf einen kontinuierlichen Einfluß der Gezeiten-Gletscher des proximalen Liefdefjords hin. Die Feinsandlagen des Kerns werden als distale Turbidite interpretiert. Der größte Anteil tonig-siltigen Sediments fällt aus Suspensionswolken aus. Wie in den Luftbildern ersichtlich, mischen sich in diesem Bereich die Suspensionswolken des Liefde- und des Woodfjords (vgl. Kap. 4.1).

In den Kernen des mittleren Liefdefjords und der Zentralregion ist das Ablagerungsmilieu der tieferen Becken des Fjordsystems dokumentiert. Ein besonderes Kennzeichen der mäßig bis stark bioturbaten Kerne ist das Auftreten von Pyrit. Über eine biogen induzierte Erniedrigung des Eh-Wertes im Porenwasser (bakterieller Abbau organischer Substanz) werden in Kombination mit hohen Sulfid- und Karbonat-Ionenkonzentrationen und niedrigen Sedimentationsraten ideale Bedingungsbedingungen für Pyrit geschaffen (TUCKER 1981). Die Luftbildauswertung zeigte die Randlage relativ zu den Suspensionswolken, so daß eine geringe Sedimentationsrate gefolgert werden kann.

Tab. 5.1.: Zusammenfassung der sedimentologischen, akustischen und ozeanographischen Eigenschaften der Sedimentationsbereiche (Werte sind gerundete Mittelwerte).

Eigenschaft	Woodfjordprovinz	Zusammenflußregion	Liefdefjordprovinz
Farbe der Sedimente	schokoladenbraun- rot	grau- olivgrün	grau
Fe/Mn- Sulfidverteilung	kontinuierlich gehäuftes Auftreten	kontinuierlich, mäßig häufig	sporadisch
Grad der Bioturbation	mäßig, bereichsweise stark	kontinuierlich stark	mäßig, bereichsweise gar nicht
IRD- Auftreten	sporadisch	kontinuierlich	lagenweise
Grobfraktionsgehalt >63µm- (Gew. %)	0,9	1,1	39,3
Terrigen- / Biogen- Verhältnis	2,5 / 1	2 / 3	≈ 2500 / 1
Feuchtdichte (g/cm³)	1,8	1,6	1,9
GRAPE- Dichte (g/cm³)	1,4	1,5	1,7
Wassergehalt (%)	29,3	44,1	22,1
Porosität (%)	44,1	53,1	36,7
Scherfestigkeit (kPa)	8,7	12,5	22,9
CaCO ₃ (Gew. %)	11,7	4,5	2,3
Provinzcharakteristika/ Ausbildung der seismischen Einheit 1	ausgeprägte Fanareale in proximaler Position; größte Mächtigkeit der seismischen Einheit 1 (≈ 10m); gestaffelte, „fossile“ Rückzugsmoränen auf der Oberfläche der seismischen Einheit 2; Verebnungsflächen unterschiedlicher Tiefenlage; Grobsedimentlagen	einheitliche Ausprägung der seismischen Einheit 1, einheitliche Mächtigkeit von ca. 10m;	Gezeitengletscher und Surge- Moränen in proximaler Position; geringe Mächtigkeit (ca. 0,5 - 1,5m) und symmetrische Verteilung der seismischen Einheit 1; keine Verebnungsflächen; „dunkle Lagen“ in proximaler Position; Warvenschichtung, viel „freier“ Pyrit (Fäden und Kügelchen), pyritisierte Wurmbauten
Akustischer Charakter der seismischen Einheit 1	Wechselfolge von 4 transparent - semitransparenten Untereinheiten	Akustisch transparent, sporadisches Auftreten von Diffraktionshyperbeln, 2 Untereinheiten	akustisch semitransparent bis opak
Sediment-Transportprozesse und -medien	Suspensionswolken, Turbidite und Rutschungen, sporadisch Eisberge	Suspensionswolken, Turbidite und Rutschungen, Eisberge	Suspensionswolken, Turbidite und Rutschungen, Eisberge und Gletschereis (Surges, „rafting“)
physikalische Ozeanographie	zweigeschichteter Wasserkörper mit mächtiger (20m) sehr homogener Oberflächenschicht mit mittleren Salzgehalten	zweigeschichteter Wasserkörper, bodennaher Anstieg von Temperatur und Salzgehalt (Nordwest- Spitzbergenstrom); höchste Temperaturen und Salzgehalte im Oberflächenbereich	dreigeteilter, um ca. 1,5- 1,8 °C kälterer Wasserkörper als der des Woodfjords (Schmelzwasser), Auftreten einer „Cold tongue“ vor dem Gletscher, niedrigste Salinitäten und Temperaturen des Fjordsystems im Oberflächenbereich

5.3. Verbreitung des weichselzeitlichen Eises / chronologische Entwicklung des Sedimentationsraumes

Ein zentraler Aspekt der SPE-Untersuchungen war die Rekonstruktion der Enteisungsgeschichte der Region. Anhand der landgestützten Untersuchungen blieb die Frage nach der maximalen Ausdehnung des weichselzeitlichen Eises offen (BLÜMEL et al. 1994). Abbildung 2.2.5.a. (S. 18) zeigt die von STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1992) vermutete Verbreitung weichselzeitlicher und holozäner Eisrandlagen im Wood- und Liefdefjordareal, Abbildung 2.2.5.b. (S. 18) die Eisrandlagen in einer Rekonstruktion von BLÜMEL et al. (1994).

Die seismischen Aufzeichnungen führten zur Identifikation zweier großer und mehrerer kleiner Moränenkomplexe, deren stratigraphische Einordnung auf der Basis der Airgunprofile und in Anlehnung an die Untersuchungen von STÄBLEIN (1991) und BLÜMEL et al. (1994) erfolgte. Im Woodfjord ließen sich der „Bock“- und „Liefdefjordriegel“ als mächtige Moränenzüge definieren (vgl. Abb. 5.3.). Moränen kleineren Ausmaßes fanden sich im innersten Woodfjord (vgl. Abb. 4.4.3. und 4.4.8.), in der „Surge-Zone“ des Liefdefjords und im Bockfjord: Den „Bock“- und den „Liefdefjordriegel“. Die Abbildungen 5.3. und 5.4. (vgl. auch Kap. 4.4.1, Abb. 4.4.5.) zeigen deren Anordnung und den Bezug zu den seismischen Einheiten. Der „Bockfjordriegel“ wird einem spätweichselzeitlichen, der „Liefdefjordriegel“ einem hauptweichselzeitlichen Eisvorstoß zugeordnet.

Im mittleren und äußeren Liefdefjord konnten seismisch keine Eisrandlagen nachgewiesen werden. Die Rekonstruktionen der pleistozänen und holozänen Ausdehnungen des Monacobreen Gezeiten-Gletschers von STÄBLEIN (1992) und BLÜMEL et al. (1994), die von mehreren Hochständen ausgehen, konnten seismisch nicht bestätigt werden. Der Moränenzug, der die „Surge-Zone“ des proximalen Liefdefjords distal begrenzt, wird seiner Lage entsprechend als distale Moräne der „Kleinen Eiszeit“ (LIAM) interpretiert. Zwischen diesem Moränenzug und der heutigen Front des Monacobreens konnten keine weiteren Moränen definiert werden. Der im äußeren Bockfjord beobachtete Moränenzug wird mit dem von STÄBLEIN (1992) Moränenzug „h“ (vgl. Abb. 2.2.5.b.) korreliert und einem Vorstoß des Karlsbreen Gletschers in der Mittleren Weichselzeit zugeordnet.

In den seismischen Profilen auf dem Kontinentalschelf finden sich keine Moränenzüge. Die Verbreitung der als Till interpretierten seismischen Einheiten 5 und 6 auf dem gesamten Schelf zeigen jedoch eine zweimalige Eisbedeckung an. Das Auftreten von $\geq 400\text{m}$ mächtigen Sedimentsequenzen am unteren Teil des Kontinentalhangs zusammen mit dem Fehlen von distalen Moränenzügen auf dem Schelf sind wahrscheinlich so zu interpretieren, daß weichselzeitliche Gletscher mehrfach den Schelf überdeckten und über die Schelfkante hinweg

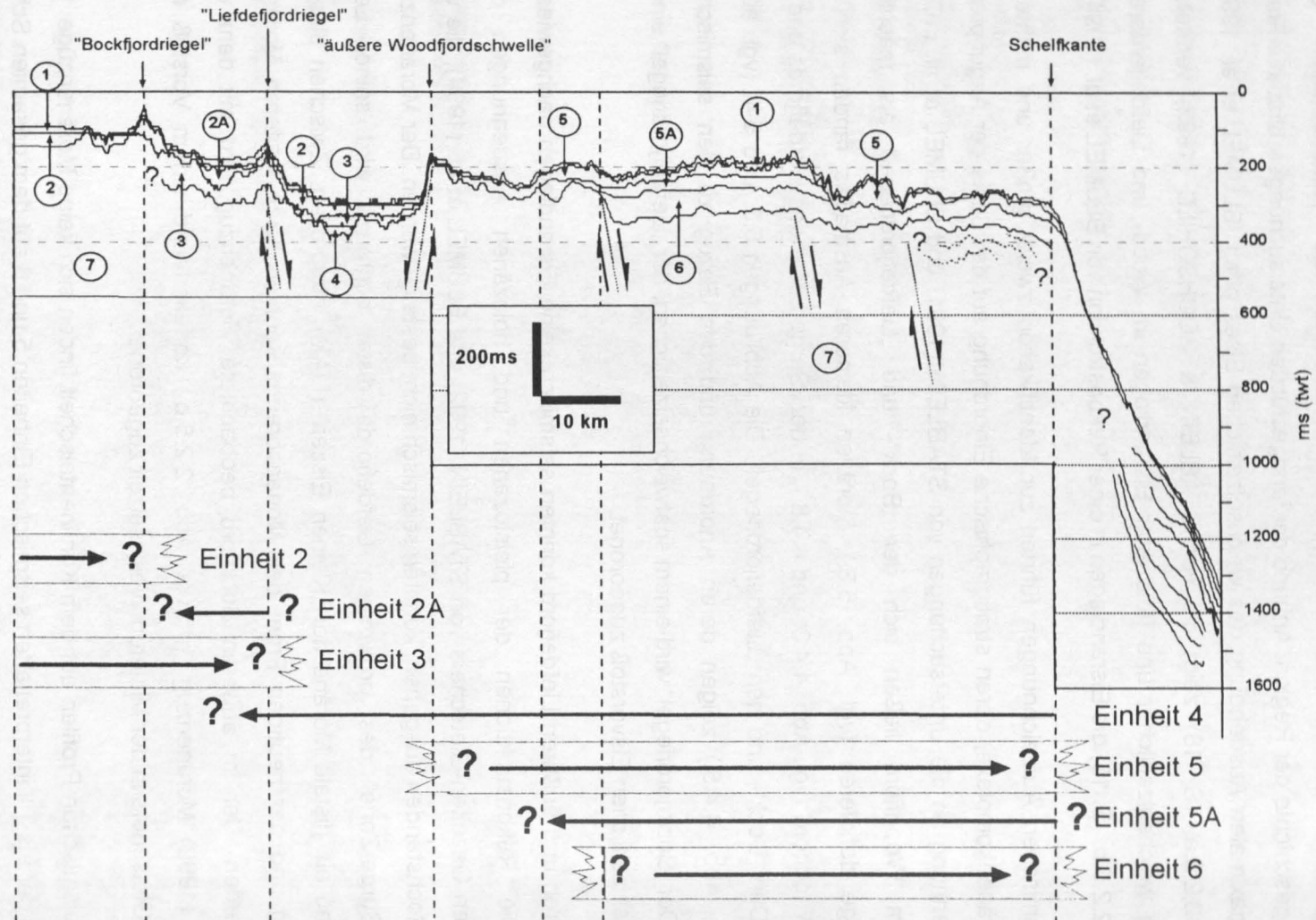
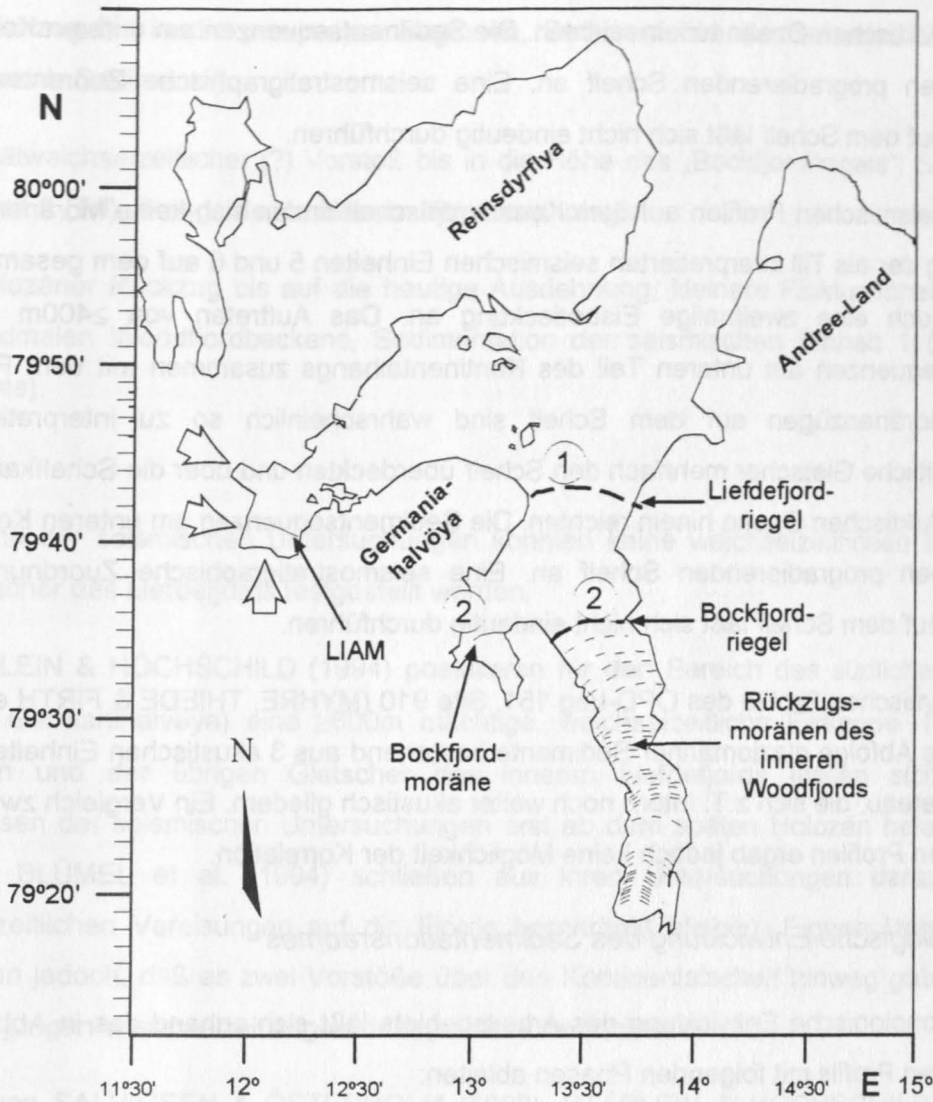


Abb. 5.3.: Darstellung der Enteisungsgeschichte anhand der Airgunprofile NP94 - 901 & NP94 - 17 (SSW-NNE)



Tidewater-Gletscher

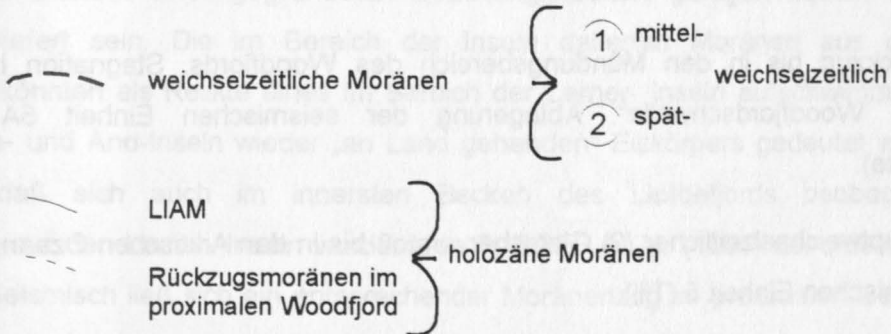


Abb. 5.4.: Lage der seismisch definierten Moränenzüge sowie deren vermutete stratigraphische Zuordnung

bis in den Arktischen Ozean hinein reichten. Die Sedimentsequenzen am unteren Kontinentalhang zeigen einen progradierenden Schelf an. Eine seismostratigraphische Zuordnung zu den Einheiten auf dem Schelf läßt sich nicht eindeutig durchführen.

In den seismischen Profilen auf dem Kontinentalschelf finden sich keine Moränenzüge. Die Verbreitung der als Till interpretierten seismischen Einheiten 5 und 6 auf dem gesamten Schelf zeigen jedoch eine zweimalige Eisbedeckung an. Das Auftreten von $\geq 400\text{m}$ mächtigen Sedimentsequenzen am unteren Teil des Kontinentalhangs zusammen mit dem Fehlen von distalen Moränenzügen auf dem Schelf sind wahrscheinlich so zu interpretieren, daß weichselzeitliche Gletscher mehrfach den Schelf überdeckten und über die Schelfkante hinweg bis in den Arktischen Ozean hinein reichten. Die Sedimentsequenzen am unteren Kontinentalhang zeigen einen progradierenden Schelf an. Eine seismostratigraphische Zuordnung zu den Einheiten auf dem Schelf läßt sich nicht eindeutig durchführen.

Die seismischen Profile des OPD-Leg 151, Site 910 (MYHRE, THIEDE & FIRTH et al. 1995) zeigen eine Abfolge glaziomariner Sedimente bestehend aus 3 akustischen Einheiten auf dem Yermak-Plateau, die sich z.T. intern noch weiter akustisch gliedern. Ein Vergleich zwischen den seismischen Profilen ergab jedoch keine Möglichkeit der Korrelation.

Chronologische Entwicklung des Sedimentationsraumes

Die chronologische Entwicklung des Arbeitsgebiets läßt sich anhand des in Abbildung 5.3. dargestellten Profils mit folgenden Phasen ableiten:

1. Prä- oder frühweichselzeitlicher (?) Vorstoß bis in den Arktischen Ozean. Ablagerung mächtiger Sedimentsequenzen am unteren Teil des Kontinentalhangs, Sedimentation der seismischen Einheit 6 (Till).
2. Rückzug bis in den Mündungsbereich des Woodfjords. Stagnation im Bereich der „äußeren Woodfjordschwelle“. Ablagerung der seismischen Einheit 5A (glaziomarine Sedimente).
3. Hauptweichselzeitlicher (?) Gletschervorstoß bis in den Arktischen Ozean; Sedimentation der seismischen Einheit 5 (Till).
4. Rückzug der Gletscher bis in die proximalen Regionen der Fjorde hinein. Sedimentation der seismischen Einheit 4 (glaziomarine Sedimente).
5. Mittelweichselzeitlicher (?) Vorstoß bis in die Höhe des „Liefdefjordriegels“; Sedimentation der seismischen Einheit 3 (Till).

6. Rückzug bis in die proximalen Regionen, Sedimentation der seismischen Einheit 2A (glaziomarine Sedimente).

7. Spätweichselzeitlicher (?) Vorstoß bis in die Höhe des „Bockfjordriegels“; Sedimentation der Einheit 2 (Till), Anlage der modernen Fjordmorphologie.

8. Holozäner Rückzug bis auf die heutige Ausdehnung, kleinere Fluktuationen im Bereich des proximalen Woodfjordbeckens, Sedimentation der seismischen Einheit 1 (glaziomarine Sedimente).

Anhand der seismischen Untersuchungen konnten keine weichselzeitlichen Fluktuationen der Gletscher des Liefdefjords festgestellt werden.

STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1994) postulieren für den Bereich des südliche Liefdefjords (heutige Germanihelvøya) eine $\geq 600\text{m}$ mächtige, weichselzeitliche Eiskappe. Fluktuationen derselben und der übrigen Gletscher des inneren Liefdefjords lassen sich nach den Ergebnissen der seismischen Untersuchungen erst ab dem späten Holozän belegen („Kleine Eiszeit“). BLÜMEL et al. (1994) schließen aus ihren Untersuchungen darauf, daß alle weichselzeitlichen Vereisungen auf die Fjorde beschränkt blieben. Eigene Untersuchungen erbrachten jedoch, daß es zwei Vorstöße über den Kontinentalschelf hinweg gab, von denen einer der jungen Weichselzeit zugeordnet (seismische Einheit 5) wird.

Eine von SALVIGSEN & ÖSTERHOLM (1982), STÄBLEIN & HOCHSCHILD (1992) und BLÜMEL et al. (1994) postulierte spätweichselzeitliche Eisrandlage im Bereich der Make- und And-Inseln konnte seismisch ebenfalls nicht nachvollzogen werden. Sollte an dieser Position tatsächlich die Eisfront eines gegründeten Gezeitengletschers gelegen haben, so müssen Spuren überliefert sein. Die im Bereich der Inseln datierten Moränen aus der späten Weichselzeit könnten als Relikte eines im Bereich der Lerner- Inseln aufschwimmenden und bei den Make- und And-Inseln wieder „an Land gehenden“ Eiskörpers gedeutet werden. Ein Phänomen, daß sich auch im innersten Becken des Liefdefjords beobachten läßt. Moränenwälle auf den Lerner- Inseln wurden von FURRER et al. (1991) der „Kleinen Eiszeit“ zugeordnet. Seismisch ließ sich ein entsprechender Moränenzug im proximalen Becken, etwa 2km Luftlinie von den Lerner-Inseln kartieren. Wenn dieser Moränenzug der „Kleinen Eiszeit“ zuzuordnen ist, muß der Monacobreen Gezeitengletscher während dieses Vorstoßes ebenfalls aufgeschwommen und auf den Lerner-Inseln wieder „an Land gegangen“ sein. Ähnliche Phänomene werden u.a. von ANDREWS (1990) aus der kanadischen Arktis beschrieben.

5.4. Schlußfolgerungen

Im Arbeitsgebiet konnten sonographisch, sedimentologisch, seismisch und ozeanographisch die Wood- und die Liefdefjordprovinz unterschieden werden. Hinzu kam die Zentralregion, deren Sedimentationsgeschehen eigene Züge trägt.

Die **Woodfjordprovinz** zeigt das Bild eines Fjordes mit ausgeprägten intratidalen Schwemmfächern ohne Gezeitengletscher. Charakteristisch sind feinkörnige Sedimente, die über die Prozesse des Ausflockens aus Suspensionswolken und gröbere Sedimente, die durch Ereignisse mit erhöhtem Schmelzwasserabfluß in den Fjord eingetragen werden. Im Fjord finden umfangreiche Umlagerungsprozesse der hochgradig wassergesättigten Sedimente mittels Rutschungen statt. Der sporadische Eintrag von größeren Steinen geht entweder auf einen Eintrag durch Eisberge oder auf Bergstürze zurück. Seismisch finden sich sowohl laminierte weitgehend transparente als auch semitransparente Sedimente.

Die **Liefdefjordprovinz** zeigt das Bild eines Fjordes mit Gezeitengletschern. Charakteristisch sind Wechselfolgen von fein- und grobkörnigen Sedimenten, die die kurz- (jährlich) und langfristige (Dekaden) Dynamik eines Gezeitengletschers widerspiegeln. Der Eintrag von Sediment erfolgt ebenso über Ausflockung aus Suspensionswolken, wie über subglazialen Abfluß, Sedimentation aus schmelzenden Eisbergen, direkt aus dem Gletscher a.) an der Kalbungsfront, b.) durch Ausschmelzen aus dem Gletscher, sowie während unterschiedlich großer Surge- oder Rückzugsphasen. Zum Umlagerungsprozeß durch Rutschungen kommt hier eine Aufarbeitung und Resuspension durch Eisberge und/oder den Gletscher selbst, die große Mengen von Sediment über beträchtliche Entfernungen hinweg transportieren können.

In der **Zentralregion** der Fjorde vereinigen sich einige der provinzspezifischen Eigenschaften. So bezeugt das durchgehende Auftreten von IRD einen kontinuierlichen Einfluß der Gezeitengletscher des Liefdefjords auf die Kernposition.

Der chronologische Ablauf der geologischen Entwicklungsgeschichte erbrachte 2 großräumige Vorstöße der Fjordgletscher bis an die Kante des Kontinentalschelfs, die der späteren Saale- oder frühen Weichselzeit und der Mittleren Weichselzeit zugeordnet wurden. Nach dem Hauptweichselzeitlichen Vorstoß zogen sich die Gletscher in die Fjorde zurück.

6. Literatur

- AKAL, T. (1972): The relationship between the physical properties of underwater sediments that affect bottom reflection. - *Mar. Geol.*, **13**: 251 - 266.
- ANDERSEN, B.G. & BORNES jr., H.W. (1994): The ice age world. - Oslo: Scandinav. Univ. Press.: 208 pp.
- ANDREWS, J.T. (1990): Fjord to deep sea sediment transport along the eastern Canadian continental margins: Models and data. - *Geol. phys. Quat.*, **44** (1): 55 - 70.
- BARSCHE, D., GUDE, M., MÄUSBACHER, R., SCHUHKRAFT, G. & A. SCHULTER (1994): Recent fluvial sediment budgets in glacial and periglacial environments, NW-Spitzbergen. - *Z. Geomorph. N.F.*, **97**: 111 - 122.
- BELDERSON, R.H., KENYON, N.H., STRIDE, A.S. & STUBES, A.R. (1972): Sonographs of the Sea Floor. - Amsterdam: Elsevier: 185 pp.
- BLÜMEL, W.D., EBERLE, J. & EITEL, B. (1994): Zur jungquartären Vereisungsgeschichte und Landschaftsentwicklung in NW-Spitzbergen. - *Z. Geomorph. N.F.*, **97**: 31 - 42.
- BOHRMANN, G. (1988): Zur Sedimentationsgeschichte von biogenem Opal im nördlichen Nordatlantik und dem europäischen Nordmeer (DSDP / ODP - Bohrungen 408, 642, 643, 644, 646 und 647). - Univ. Kiel: Berichte aus dem SFB 313, **9**: 221 S.
- BOUMA, A.H. (1969): Methods for the study of sedimentary structures. - New York: Wiley: 458 pp.
- BOYCE, R.E. (1976): Definitions and laboratory techniques of compressional sound velocity parameters and wet - water content, wet - bulk density, and porosity parameters by gravimetric and gamma ray attenuation techniques. - In: SCHLANGER, S.O., JACKSON, E.D. et al., DSDP, Init. Rep., **33**: 931 - 958.
- BREKHOVSKIKH, L.M. & LYSANOV, Y.P. (1991): Fundamentals of ocean acoustics. - Springer series on wave phenomena, **8**, New York: Springer: 270 pp.
- CALVERT, S.E. & VEERS, J.J. (1962): Minor structures of unconsolidated marine sediment revealed by X-radiographie. *Sedimentology*, **1**: 287-295.
- CHI, J. (1995): Multi-Sensor-Kern-Logging-Methoden zur Bestimmung von physikalischen Sedimenteigenschaften. - Univ. Kiel: Berichte aus dem SFB 313, **58**: 125 S
- DOWDESWELL, J.A. (1989): On the nature of Svalbards icebergs. - *J. Glaciol.* **35**: 224 - 234.
- DOWDESWELL, J.A. & CROMACK, M. (1991): Behaviour of a glacier-derived suspended sediment plume in a small Arctic inlet. - *J. Geol.*, **99**: 111 - 123.

- DOWDESWELL, J.A., VILLINGER, H. WHITTINGTON, R.J. & MARIENFELD, P. (1993): Iceberg scouring in Scoresby Sund and on the East Greenland continental shelf. - *Mar. Geol.*, **111**: 37 - 53.
- DOWDESWELL, J.A. & FORSBERG, C.F. (1993): The size and frequency of icebergs and bergy bits derived from tidewater glaciers in Kongsfjorden, northwestern Spitsbergen. - *Polar Res.*, **11**: 81 - 91.
- ELVERHØI, A., LIESTØL, O. & NAGY, J. (1980): Glacial erosion, sedimentation and microfauna in the inner part of Kongsfjorden, Spitsbergen. - *Skrifter: Norsk Polarinstitut*, **172**: 33 - 58.
- ELVERHØI, A., LONNE, Ø. & SELAND, R. (1983): Glaciomarine sedimentation in a modern fjord environment, Spitsbergen. - *Polar Res.*, **1**: 127 - 149.
- ELVERHØI, A., PFIRMAN, S., SOLHEIM, A. & LARSEN, B.L. (1989): Glaciomarine sedimentation in epicontinental seas exemplified by the northern Barents Sea. - *Mar. Geol.*, **85**: 225 - 250.
- ELVERHØI, A., SOLHEIM, A., NYLAND-BERG, M. & RUSSWURM, L. (1992): Last Glacial-Interglacial Cycle, Western Barents Sea. - *Lundqua Rept.*, **35**: 17 - 35.
- FLEMMING, B.W. (1976): Side Scan Sonar; a practical guide. - *Int. Hydrogr. Rev.*, Monaco, **53**: 56 - 91.
- FLEMMING, B.W. (1982): Recent developments in side scan sonar techniques. - RUSSELL-CARGILL, W.D.A.: Causes and effect of sonograph distortion and some graphical methods for their manual correction. - Central Acoustics Laboratory, Univ. Capetown, S. Africa, Chap. 1 & 5: 3-11; 103-138.
- FERRANTI ORE Technische Unterlagen, unveröffentlicht.
- FLINT, R.F. (1971): Glacial and Quaternary geology. - New York: Wiley: 822 S.
- FISH, J.P. & CARR, H.A. (1990): Sound underwater images. - New Orleans: Lower Cape Publ.: 190 pp.
- FRIEND, P.F. & MOODY-STUART, M. (1972): Sedimentation of the Wood-Bay Formation (Devonian) of Spitsbergen: Regional analysis of a late orogenic basin. - *Skrifter: Norsk Polarinstitut*, **157**: 77 pp.
- FURRER, G., STAPFER, A. & GLASER, U. (1991): Zur nacheiszeitlichen Gletschergeschichte des Liefdefjords (Spitzbergen). Ergebnisse der Geowissenschaftlichen Spitzbergenexpedition 1990. - *Geogr. Helv.*, **4**: 147 - 155.
- GILBERT, R. (1983): Contemporary sedimentary environments on Baffin Island. - N.W.T. Canada: Glaciomarine processes in fjords of Eastern Cumberland Peninsula. *Arct. Alp. Res.*, **14**: 1 - 12.

- GJELSVIK T. (1979): The Hecla Hoek ridge of the Devonian Graben between Liefdefjorden and Høltedahlfonna, Spitsbergen. - Skrifter: Norsk Polarinstitutt, **169**: 63 - 71.
- HAGEN, J.O., LIESTØL, O. ROLAND, E. & T. JØRGENSEN (1993): Glacier atlas of Svalbard and Jan Mayen. - Meddelser: Norsk Polarinstitutt, **129**: 158 pp.
- HAMBREY, M. (1994): Glacial Environments. - UCL - Press, London, 296 pp.
- HAMILTON, E.L. (1971): Elastic properties of marine sediments. - J. Geophys. Res., **76**: 579 - 604.
- HAMILTON, E.L., SHUMWAY, G., MENARD, H.W. & SHIPEK, C.J. (1956): Acoustic and other physical properties of shallow-water sediments off San Diego. - J. Acoust. Soc. Am., **28**: 1 - 15.
- HANSBO, S. (1957): A new approach to the determination of the shear strength of clay by the fall cone test. - Proc. Sved. Geol. Inst., **14**: 46 pp.
- HENRICH, R., WOLF, T.W.C., BOHRMANN, G. & THIEDE, J. (1988): Cenozoic paleoclimatic and paleoceanographic changes in the Northern Hemisphere revealed by variability of coarse fraction composition in sediments from Vøring Plateau. - Univ. Kiel: Berichte aus dem SFB 313, **104b**: 33 S.
- HINZ, K., KÖGLER, F.-CH, RICHTER, J. & SEIBOLD, E. (1969): Reflexionsseismische Untersuchungen mit einer pneumatischen Schallquelle und einem Echolot in der westlichen Ostsee. Teil I, Meßmethoden, Instrumentarium, Interpretation. - Meyniana, **19**: 91 - 102.
- HINZ, K., KÖGLER, F.-CH, RICHTER, J. & SEIBOLD, E. (1971): Reflexionsseismischen Untersuchungen mit einer pneumatischen Schallquelle und einem Echolot in der westlichen Ostsee. Teil II, Untersuchungsergebnisse und geologische Deutung. - Meyniana, **21**: 17 - 24.
- HISDAL, V. (1985): Geography of Svalbard. - Polarhandbok Nr. 2, Norsk Polarinstitutt: 75 pp.
- HJELLE, A. (1979): Aspects of the geology of NW-Svalbard. - Skrifter: Norsk Polarinstitutt, **167**: 37 - 62.
- HOLLER, P. (1995): Arbeitsmethoden in den marinen Geowissenschaften. - Stuttgart: Enke Verlag: 150 S.
- HOLTEDAHL, H. (1975): The geology of Hardangerfjord, West Norway. - Norges Geologiske Undersøkelser, **323**: 1 - 87.
- van HUENE, R., SHOR, G.G. & REIMNITZ, E. (1967): Geological Interpretation of seismic profiles in Prince William Sound, Alaska. - Geol. Soc. of Am. Bull., **78**: 259 - 268.
- JOHNSON, H.P. & HELFERTY, M. (1990): The geological interpretation of side scan sonar. - Rev. of Geophysics, **28** (4): 357 - 380.

- KEARY, P. & BROOKS, M. (1984): An introduction to geophysical exploration. Oxford: Blackwell: 254 pp.
- KELLOGG, T.B. (1975): Late Quaternary climatic changes in the Norwegian and Greenland Seas - In: BOWLING, S.A. & G. WELLER (eds.): Climate of the Arctic. - Fairbanks, Alaska.
- KERTZ, W. (1969): Einführung in die Geophysik I. - BI- Hochschultaschenb.: 232 S.
- KING, L. & KNIES, J. (1994): Aufbau, Zerfall und Bedeutung der Meereisdecke am Liefdefjord NW-Spitzbergen. - Z. Geomorph. N.F., **97**: 265 - 274.
- KROEMER, E.A., MÄUSBACHER, R., MÜLLER, J. & SCHACHT, R. (1994): First results of structural and sedimentological investigations in the Liefdefjord and Woodfjord (northern Spitsbergen). - Z. Geomorph. N.F., **97**: 49 - 64.
- LIESTØL, O. (1969): Glacial surges in W-Svalbard. - Can. J. of Earth Sci., **6** (4): 895 - 897.
- MENZIES, J. (ed) (1995): Modern Glacial Environments. - London: Butterworth-Heinemann: 62 pp.
- MÖLLER, M. (1991): Neukartierung der Südküste des Liefdefjords im Maßstab 1 : 10.000, NW Spitzbergen, Svalbard. - unveröff. Diplomarbeit, Geologisch-Paläontologisches-Institut, Universität Münster: 111 S.
- v.MÜNCH, W. (1987): Elektrische und magnetische Eigenschaften der Materie. - B.G. Teubner Verlag, Stuttgart.
- MURASKOV, L.G. & MOKIN, J.I. (1979): Stratigraphic subdivision of the Devonian deposits of Spitsbergen. - Skrifter: Norsk Polarinstitut, **167**: 249 - 261.
- MYHRE, L. (1974): A computer program for grainsize distribution analyses. - Publ. 44, NTNF's Continental Shelf Project: 1-22.
- MYHRE, A.M., THIEDE, J., FIRTH, J.V. et al. (1995): Proc ODP, Init.Pepts., 151: College Station TX (Ocean Drilling Program).
- NESJE, A., KVAMME, M., RYE, N. & LØVLIE, R. (1991): Holocene glacial and climate history of the Jostedalsglacier region, W-Norway; evidence from lake sediments and terrestrial deposits. - Quat. Sci. Rev., **10**: 87 - 114.
- NP (Den Norske Løs) (1988): Arctic pilot: Sailing directions Svalbard & Jan Mayen. - Norwegian Hydrograph. Serv. & Norwegian Polar Research Instit.: 479 pp.
- PATTERSON, R.B. (1969): Relationships between acoustic backscatter and geological characteristics of deep ocean floor. - J. Acoust. Soc. Am., **46**: 756 - 761.

- PIEPJOHN, K., HARLING, U., KLEE, S., MÖLLER, M. & THIEDIG, F. (1992): Geologische Neukartierung der Germaniahavøya, Haakon VII Land, NW- Spitzbergen, Svalbard. - In: BLÜMEL, W.D. (Hrsg.) (1992): Geowissenschaftliche Spitzbergenexpeditionen 1990 und 1991, „Stofftransporte Land-Meer in polaren Geosystemen“ (Zwischenbericht). - Stuttgarter Geogr. Stud., **117**: 37 - 54.
- PIEPJOHN, K. & THIEDIG, F. (1994): Geologie und tektonische Entwicklung der Germaniahavøya, Haakon VII Land, NW- Spitzbergen. - Z. Geomorph. N.F., **97**: 19 - 29.
- POWELL, R.D. (1981): A model for sedimentation by tidewater glaciers. - Ann. Glaciol., **2**: 129 - 134.
- POWELL, R.D. & MOLNIA, B.F. (1989): Glacimarine sedimentary processes, facies and morphology of the south-southeast Alaska shelf and fjords. - Mar. Geol., **85**: 359 - 390.
- REARIC, D.M., BARNES, P.W. & REIMNITZ, E. (1989): Bulldozing and resuspension of shallow-shelf sediment by ice-keels: Implications for Arctic sediment transport trajectories. - Mar. Geol., **91**: 133 - 147.
- SALVIGSEN, O. (1976): Radiocarbon datings and the extension of the Weichselian ice-sheet in Svalbard. - Årbok: Norsk-Polarinstitutt: 209 - 224.
- SALVIGSEN, O. & NYDAL, R. (1981): The Weichselian glaciation in Svalbard before 15000 y BP. - Boreas, **10**: 433 - 446.
- SALVIGSEN, O. & ÖSTERHOLM, H. (1982): Radiocarbon dated beaches and glacial history of the northern coast of Spitzbergen, Svalbard. - Polar Res., **1**: 97 - 115.
- SCHACHT, R. (1996): The Wood- and Liefdefjord subprogram of the Norwegian Polar Institute Spitzbergen expedition 1994. - Rapp. Ser.: Norsk Polarinstitutt, **92**: 46 - 55.
- SCHACHT, R. & WERNER, F. (1995): Erste Ergebnisse akustostratigraphischer, sonographischer und ozeanographischer Untersuchungen im Wood- und Liefdefjordsystem (NW-Spitzbergen). - Meyniana, **47**: 115 - 140.
- SCHERER, D. (1991): Klimaökologie und Fernerkundung: erste Ergebnisse der Meßkampagnen 1990/1991 (Liefdefjord). - Stuttgarter Geogr. Studien, **117**: 89-104.
- SCHÖN, J. (1983): Petrophysik: Physikalische Eigenschaften von Gesteinen und Mineralien. - Stuttgart: Enke Verlag, 405 S.
- SCHULTHEISS, P., MIENERT, J. & Shipboard Scientific Party (1988): Whole-core p-wave velocity and gamma ray attenuation logs from leg 108 (sites 657 through 668). - In: RUDDIMAN, W., SARNTHEIN, M. et al. (Hrsg.) Proc. ODP Init. Rep. (Pt.A) 108: 1015 - 1046.

- SEXTON, D.J., DOWDESWELL, J.A., SOLHEIM, A. & ELVERHØI, A. (1992): Seismic architecture and sedimentation in NW - Spitsbergen fjords. - *Mar. Geol.*, **103**: 53 - 68.
- SOLHEIM, A. (1991): The depositional environment of surging sub-polar tidewater glaciers. - *Skifter: Norsk Polarinstitut*, **194**: 97 pp.
- SOLHEIM, A. & Y. KRISTOFFERSEN (1984): Sediments above the upper unconformity: Thickness, seismic stratigraphy and outline of the glacial history. - *Skifter: Norsk Polarinstitut*, **179b**: 26 pp.
- SOLHEIM, A., ELVERHØI, A., ANDERSEN, E. & JAHRE, H. (1991): Marine geological/geophysical cruise on the western Svalbard margin 1990: Cruise report. - *Rapportserie: Norsk Polarinstitut*, **69**: 54 pp.
- SOLLID, J.L., ETZELMÜLLER, B., VATNE, G. & ØREGARD, R.S. (1994): Glacial dynamics, material transfer and sedimentation of Erikbreen and Hannabreen, Liefdefjorden, N-Spitsbergen. - *Z. Geomorph. N.F.*, **97**: 123 - 144.
- SOMERS, M.L. (1993): Sonar Imaging of the Seabed. - In: MOURA, J.M.F. & LOURTIE I.M.G.: *Acoustic Signal Processing for Ocean Exploration*, NATO Series C, **388**.
- STÄBLEIN, G. (1991): Extent and regional differentiation of glacio-isostatic shoreline variations in Spitsbergen. - *Polarforsch.*, **48**: 170 - 180.
- STÄBLEIN, G. & HOCHSCHILD, V. (1991): Ergebnisse der fernerkundungsgestützten geomorphologischen Kartierung am Liefdefjorden / NW-Spitzbergen - *Ergebnisse der SPE'90-Expedition*. - *Stuttgarter Geogr. Stud.*, **117**: 339 - 354.
- STÄBLEIN, G. & HOCHSCHILD, V. (1994): Geomorphologische Kartierung der Germanihålvøya am Liefdefjorden (NW-Spitzbergen) mit optischen Fernerkundungsdaten. - *Z. Geomorph. N.F.*, **97**: 93 - 110.
- STEIN, R., GROBE, H., HUBBERTEN, H., MARIENFELD, D. & NAM, D. (1993): Latest Pleistocene to Holocene changes in glaciomarine sedimentation in Scoresby Sund and along the adjacent East Greenland continental margin: preliminary results. - *Geomarine Letters*, **13**: 9 - 16.
- STEWART, F.S. & STOKER, M.S. (1990): Problems associated with seismic facies analysis of diamicton dominated, shelf glacial sequences. - *Geomarine Letters.*, **10**: 151 - 156.
- SYVITSKI, J.P.M. (ed.) (1984): Sedimentology of Arctic Fjords Experiment: HU 83-028 data report, Vol. 2. - *Can. Data Rept. Hydrogr. Ocean Sci.*, **28**: 1130 pp.
- SYVITSKI, J.P.M. & BLAKENEY, C. (1983): Sedimentology of Arctic Fjords Experiment: HU 82-031 data report, Vol I. - *Can. Data Rept. Hydrogr. Ocean Sci.*, **12**: 935 pp.

- SYVITSKI, J.P.M. & PRAEG, D.B. (1987): Sedimentology of Arctic Fjords Experiment: Data report, Vol. 3. - Can. Data Rept. Hydrogr. Ocean Sci., **54**: 468 pp.
- SYVITSKI, J.P.M., BURREL, D.C. & SKEI, J.M. (1987): Fjords. Processes and products. - New York: Springer: 379 pp.
- SYVITSKI, J.P.M. & PRAEG, D.B. (1989): Quaternary sedimentation in the St. Lawrence estuary and adjoining areas, eastern Canada: An overview based on high resolution seismostratigraphy. - Geogr. Phys. Quat., **43**: 291 - 310.
- SYVITSKI, J.P.M. & FARROW, G.E. (1989): Fjord sedimentation as an analogue for small hydrocarbon - bearing fan deltas. - In: M.K.G. WHATLEY & K.T. PICKERING (Eds.): Deltas: Sites and traps for fossil fuels. - Spec. Publ.: Geol. Soc. London, **41**: 21 - 43.
- THANNHEISER, D. & MÖLLER, I. (1994): Vegetationsgeographische Literaturliste von Svalbard (einschließlich Bjørnøya und Jan Mayen). - Hamburger Vegetationsgeogr. Mitt., **6**: 89 - 114.
- THANNHEISER, D. & MÖLLER, I. (1994): Frostbodenformen im inneren Woodfjord, NW-Spitzbergen. - Z. Geomorph, N.F., **97**: 195 - 204.
- THIEDIG, F. & PIEPJOHN, K. (1991): Geologisch-tektonische Entwicklung der Devongräben in NW-Spitzbergen. - Abstract zum Vortrag auf der 16. intern. Polartagung in Göttingen, 10. - 13.4.1991.
- TUCKER, M.E. (1981): Einführung in die Sedimentpetrologie. - Stuttgart: Enke Verlag: 265 S.
- WEAVER, P.P.E. & SCHULTHEISS, P. (1990): Current methods for obtaining, logging and splitting marine sediment cores. - Mar. Geophys. Res. **12**: 85 - 100.
- WERNER, F.W. (1968): Gefügeanalyse feingeschichteter Sedimente in der Eckernförder Bucht (Westliche Ostsee). - Meyniana, **18**: 79 - 105.
- WERNER, F. (1990): Ripples and sediment waves: Zur Entstehung sedimentären Tiefsee-Kleinreliefs. - Bremen: Geotagung 1990 (Dt. Geol. Ges., 105 Jahrestagung).
- WERNER, F., HOFFMANN, G., BERNHARD, M. MILKERT, D. & VIKREN, K. (1990): Sedimentologische Auswirkung der Grundfischerei in der Kieler Bucht (Westliche Ostsee). - Meyniana **42**: 123 - 151.
- WETZEL, A. & BROMLEY, R.G. (1996): The ichnotaxon *Tasselia ordamensis* and its junior synonym *Caudichnus annulatus*. - J. Palaeont., **70**: 523 - 526.
- WINSNES, T.T., HEINTZ, A. & HEINTZ, N. (1962): Aspects of the geology of Svalbard, - Meddeleleser: Norsk Polarinstitut, **87**: 35 pp:

7. Anhang

7.1. Positionstabellen: 1.a. seismische Profile SPE '92

b. seismische Profile NP'94

2. Kernpositionen NP'94

7.2. Kernbeschreibungen

- Legende zu den Kernbeschreibungen
- Woodfjordprovinz: NP'94-11 SC
- Liefdefjordprovinz: NP'94-14 SL
- Zentralregion/Zusammenflußregion: NP'94-18 SL

7.3. Radiographiebeschreibungen

- Legende zu den Radiographiebeschreibungen
- Woodfjordprovinz: NP'94-11 SL, NP'94-12 SL
- Liefdefjordprovinz: NP'94-14SL, NP'94-15 SL, NP'94-16 SL, NP'94-17 SL
- Zentralregion: NP'94-13 SL, NP'94-18 SL

7.4. Meßwerte

1. Sedimentphysikalische Parameter
2. Kalziumkarbonat
3. organischer Kohlenstoff
4. Subfraktionen

7.5. Phototafeln

7.6. Beispiele der seismischen Einheiten

1. Airgunseismik:
 - a. Woodfjordprovinz
 - b. Liefdefjordprovinz
2. Flachseismik:
 - a. Woodfjordprovinz
 - b. Liefdefjordprovinz

Benutzte Abkürzungen:

• > 63µm (Gew.%)	Gewichtsprozent der Grobfraction größer 63µm
• CaCO ₃ (Gew.%)	Kalziumkarbonatgehalt in Gewichtsprozent
• C _{org} (Gew.%)	Gehalt organischen Kohlenstoffs in Gewichtsprozent
• Grobs/Kies	Grobsand-Kies-Fraktion (>1000µm)
• IRD	Ice rafted debris
• plankt. Forams.	planktische Foraminiferen
• benth. Forams.	benthische Foraminiferen
• Ostracod./Pteropod.	Ostracoden und Pteropoden
• Schw.nadeln	Schwammnadeln
• vulk Glas	vulkanisches Glas
• Bestandt.	Bestandteil /-e
• ges.Bio.	Summe aller biogenen Bestandteile
• ges. Terr.	Summe aller terrigenen Bestandteile
• IPM	Eisbergpflugmarke
• dark patch	Bereich erhöhter Reflektivität

Tab. 7.1.-1a.

seismische Profile der SPE'92-Expedition

Datum	Zeit		Anfangs Koordinaten		End- Zeit		Koordinaten	
	(UTC)	wegpkt	Nord	Ost	wegpkt	(UTC)	Nord	Ost
01.08.92	21,15	A	79°55,40	14°31,00	B	21,40	79°51,56	14°29,50
02.08.92	11,10	D	79°40,00	14°04,20	E	11,45	79°39,20	13°59,20
	11,45	E	79°39,20	13°59,20	F	15,15	79°34,10	13°46,20
	15,15	F	79°34,10	13°46,20	G	17,55	79°30,60	13°35,80
	17,55	G	79°30,60	13°35,80	H'	18,30	79°25,50	13°54,90
03.08.92	13,46	H'	79°25,50	13°54,90	I	14,35	79°19,40	14°01,20
	16,35	I	79°19,40	14°01,20	J'	15,40	79°17,30	14°56,10
	15,40	J'	79°17,30	14°56,10	K	17,10	79°21,20	14°04,50
	17,10	K	79°21,20	14°04,50	L	17,40	79°22,30	14°02,40
	17,40	L	79°22,30	14°02,40	H'	19,22	79°25,50	13°54,90
	19,22	H'	79°25,50	13°54,90	M	21,10	79°29,70	14°35,90
	21,10	M	79°29,70	14°35,90	N	22,00	79°29,20	14°23,60
	22,00	N	79°29,20	14°23,60	O	22,40	79°27,90	14°22,60
	22,40	O	79°27,90	14°22,20	P	22,57	79°26,60	14°26,50
04.08.92	11,02	P	79°26,60	14°26,50	Q	11,45	79°27,80	13°15,50
	11,45	Q	79°27,80	13°15,50	R	15,19	79°34,60	13°34,10
	15,19	R	79°34,60	13°34,10	S	17,30	79°36,30	13°08,00
	17,30	S	79°36,30	13°08,00	T	18,50	79°34,60	12°51,70
	18,50	T	79°34,60	12°51,70	U	19,29	79°36,25	12°49,00
	19,29	U	79°36,25	12°49,00	V	21,54	79°34,60	12°36,90
	21,54	V	79°34,60	12°36,90	W	22,38	79°35,00	12°26,10
	22,38	W	79°35,00	12°26,10	(X)	23,15	79°32,75	12°38,05
	23,15	(X)	79°32,75	12°38,05	Y	23,50	79°32,25	12°26,00
04/05.08.92	23,50	Y	79°32,25	12°26,00	V	0,50	79°34,60	12°36,90
	13,35	Z	79°38,70	13°11,90	AA	15,10	79°55,54	13°59,23
	15,10	AA	79°55,54	13°59,23	AB	18,30	79°46,54	14°09,00
	18,30	AB	79°46,54	14°09,00	AC	21,10	79°52,90	13°59,00
	21,10	AC	79°52,90	13°59,00	AD	23,45	80°00,00	14°00,00
05/06.08.92	23,45	AD	80°00,00	14°00,00	AE'	0,50	80°00,50	14°29,20
	0,50	AE'	80°00,50	14°29,20	AF	4,45	79°50,00	14°26,00
	4,45	AF	79°50,00	14°26,00	C	6,45	79°45,45	14°16,40
	6,45	C	79°45,45	14°16,40	D	8,45	79°40,00	14°04,20
	8,45	D	79°40,00	14°04,20	(E')	10,20	79°39,20	13°59,20
	18,30	(E')	79°39,20	13°59,20	F	20,25	79°34,10	13°46,20
	20,25	F	79°34,10	13°46,20	G	21,30	79°34,10	13°46,20
07.08.92	0,15	F	79°34,10	13°46,20	AG	0,50	79°32,40	13°45,00
	0,50	AG	79°32,40	13°45,00	AH	1,50	79°30,00	13°51,00
	1,50	AH	79°30,00	13°51,00	AI	2,10	79°29,30	13°52,00
	2,10	AI	79°29,30	13°52,00	AJ	3,10	79°28,45	13°39,50
	3,10	AJ	79°28,45	13°39,50	AK	4,10	79°28,45	13°52,00
	4,10	AK	79°28,45	13°52,00	AL	4,55	79°26,90	13°58,50
	4,55	AL	79°26,90	13°58,50	H'	5,30	79°25,50	13°54,90
	5,30	H'	79°25,50	13°54,90	G	7,30	79°30,60	13°35,80
	7,30	G	79°30,60	13°35,80	AM	8,25	79°30,45	13°18,70
	8,25	AM	79°30,45	13°18,70	AO	9,15	79°30,80	13°22,00
	19,45	AO	79°30,80	13°22,00	R	21,30	79°34,60	13°34,10
	21,30	R	79°34,60	13°34,10	AP	22,00	79°36,30	13°35,40
	22,00	AP	79°36,30	13°35,40	AQ	22,25	79°37,20	13°37,00

Fortsetzung Tab. 7.1.-1a.

Datum	Zeit	Anfangs	Koordinaten		End-	Zeit	Koordinaten	
	(UTC)	wegpkt	Nord	Ost	wegpkt	(UTC)	Nord	Ost
07/08.08.92	22,25	AQ	79°37,20	13°37,00	AR	23,45	79°40,00	13°33,00
	23,45	AR	79°40,00	13°33,00	AS	0,00	79°41,30	13°26,00
	0,00	AS	79°41,30	13°26,00	AT	0,55	79°41,20	13°11,80
	0,55	AT	79°41,20	13°11,80	AU	1,15	79°40,90	13°05,00
	1,15	AU	79°40,90	13°05,00	AV	1,40	79°39,80	13°03,00
	1,40	AV	79°39,80	13°03,00	AW	2,45	79°37,45	12°50,00
	2,45	AW	79°37,45	12°50,00	AX	2,55	79°36,97	12°51,89
	2,55	AX	79°36,97	12°51,89	(AY)	3,35	79°36,20	12°42,80
	14,26	BD	79°34,50	12°55,30	BF	14,35	79°34,45	12°55,50
	14,35	BF	79°34,45	12°55,50	BG	15,10	79°35,00	12°57,70
	15,10	BG	79°35,00	12°57,70	BH	15,25	79°35,55	13°03,00
	15,25	BH	79°35,55	13°03,00	BI	15,50	79°35,70	13°05,80
	21,40	BJ	79°35,70	13°05,80	BK	22,15	79°35,90	13°10,80
	22,15	BK	79°35,90	13°10,80	BL	22,47	79°49,50	14°00,00
	22,47	BL	79°49,50	14°00,00	BM	23,26	79°50,60	13°58,40
08/09.08.92	23,26	BM	79°50,60	13°58,40	BN	0,21	79°51,76	13°56,50
	0,21	BN	79°51,76	13°56,50	BO	1,47	79°53,20	13°50,90
	1,47	BO	79°53,20	13°50,90	BQ	2,43	79°55,40	13°45,20
	2,43	BQ	79°55,40	13°45,20	BS	4,30	79°53,00	13°28,00
	14,17	BT	79°53,00	13°28,00	BZ	15,15	79°42,10	14°15,00
	15,15	BZ	79°42,10	14°15,00	BU	16,00	79°43,80	14°20,10
	16,00	BU	79°43,80	14°20,10	BW	16,50	79°45,50	14°23,40
	16,50	BW	79°45,50	14°23,40	BV	18,15	79°48,60	14°28,50
	18,15	BV	79°48,60	14°28,50	B	18,50	79°51,56	14°29,50

(X) = Wegpunkt wurde nicht erreicht

Tab. 7.1.-1b.

seismische Profile der NP'94-Expedition

Profil-Nr.	Datum Startzeit	Datum Stoppzeit	Startposition (Grad, Min.)	Stopposition (Grad, Min.)	Länge (km)	Schiffsgeschw. (kn)
NP'94-901	04.08.'94 08:20 (UTC)	04.08.'94 15:20 (UTC)	79,51.86 N 14,11.49 O	79,21.81 N 13,58.60 O	62,6	4,9
NP'94-902	04.08.'94 23:26 (UTC)	05.08.'94 01:46 (UTC)	79,34.00 N 13,35.09 O	79,41.18 N 14,01.07 O	18	4,8
NP'94-903	05.08.'94 01:49 (UTC)	05.08.'94 07:19 (UTC)	79,41.08 N 14,01.88 O	79,32.35 N 12,27.02 O	40,5	4
NP'94-904	05.08.'94 07:28 (UTC)	05.08.'94 19:16 (UTC)	79,32.26 N 12,27.07 O	79,42.29 N 14,12.74 O	88,8	4,1

Tab. 7.1.-2.**Stationsarbeit der NP'94-Expedition**

GKG = Großkastengreifer

SC= Sell corer

SL= Schwerelot

Kam= Kamera

CTD= CTD-Stationsnummer

Stations Nr.	Gerät Nr.	CTD - Nr.	Datum	Zeit (UTC)	Wassertiefe	Breite (Grad, Min.)	Länge (Grad, Min.)	Eindring.	Recovery
NP94-11	SL-1	CTD-17	04.08.'94	15:25	63m	79,51.658	13,58.559	5,60m	2,46m
	SC-1		04.08.'94	15:40	63m	79,51.662	13,58.602	6-7m	2,75m
	Kam		04.08.'94	15:46	63m	79,51.660	13,58.600		
NP94-12	SL-1		04.08.'94	16:27	64m	79,20.828	13,59.564	4m	2,33m
	GKG-1		04.08.'94	16:51	64m	79,20.831	13,59.708		
	GKG-2		04.08.'94	19:07	64m	79,20.846	13,59.660		50cm
NP94-13	SL-1	CTD-18	04.08.'94	22:06	117m	79,34.835	13,35.455	2,50m	0,98m
	GKG-1		04.08.'94	22:20	118m	79,34.902	13,35.364		45cm
	Kam		04.08.'94	22:45		79,35.005	13,35.947		
NP94-14	Kam	CTD-19	05.08.'94	07:50	90m	79,39.452	12,28.469		
	SL-1		05.08.'94	08:04	86m	79,32.311	12,27.917	2m	30-40cm
	GKG-1		05.08.'94	08:34	94m	79,32.328	12,27.141		50cm
NP94-15	GKG-1	CDT-20	05.08.'94	09:45	95m	79,32.999	12,30.088		50cm
	Kam		05.08.'94	10:00	95m	79,32.999	12,30.088		
	SL-1		05.08.'94	10:17	95m	79,33.003	12,30.028	3m	2,20m
NP94-16	Kam	CTD-21	05.08.'94	11:25	107m	79,34.1	12,32.9		
	SL-1		05.08.'94	11:41	107m	79,34.1	12,32.9	5m	3,10m

Fortsetzung Tab. 7.1.-2. Stationsarbeit der NP'94-Expedition									
Stations Nr.	Gerät Nr.	CTD - Nr.	Datum	Zeit (UTC)	Wassertiefe	Breite (Grad, Min.)	Länge (Grad, Min.)	Eindring.	Recovery
NP94-17	Kam	CTD-22	05.08.'94	13:40	151m	79,37.868	12,57.313		
	SL-1		05.08.'94	14:02	183m	79,37.827	12,56.969	5,50m	3,65m
	GKG-1		05.08.'94	14:23	185m	79,37.809	12,57.125		50cm
NP94-18	Kam	CTD-28	05.08.'94	16:40	190m	79,42.248	13,54.401		
	SL-1		05.08.'94	16:50	195m	79,42.289	13,53.858	5,50m	4,50m
	GKG-1		05.08.'94	17:00	195m	79,42.277	13,54.045		15cm

7.2. makroskopische Kernbeschreibungen

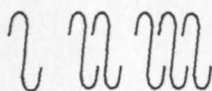
- Legende zu den Kernbeschreibungen
- Woodfjordprovinz: NP94- 11 SC
- Liefdefjordprovinz: NP94- 14 SL
- Zentralregion: NP94- 18 SL

Legende zu den Kernbeschreibungen

	Schill: Muscheln, Schnecken
	undifferenzierter Bereich organischen Materials
	flaserige Fe/Mn-Sulfide
	dunkle Lage
	Mudclasts
	Steinlage
	Steine

	Sand
	Silt
	Feinsand-Silt
	Ton
	siltiger Ton
	Lamination ausgebildet
	Lamination angedeutet

	scharfe Grenze
	unscharfe Grenze



Grad der Bioturbation
(schwach bis stark bioturbat)

Liste der Gesteinsfarben

("Rock-Color Chart" nach JUDD & KELLY, 1938)

N

N 1	Black
N 2	Grayish black
N 3	Dark grey

HUE 5 GY

5 GY 2/1	Greenish black
5 GY 3/2	Grayish olive green
5 GY 4/1	Dark greenish gray
5 GY 5/2	Dusky yellow green

HUE 5 Y

5 Y 2/1	Olive black
5 Y 3/2	Olive gray
5 Y 4/1	Olive gray
5 Y 5/2	Light olive gray

HUE 5 YR

5 YR 2/1	Brownish black
5 YR 2/2	Dusky brown
5 YR 3/2	Grayish brown
5 YR 3/4	Moderate brown
5 YR 4/1	Brownish gray
5 YR 4/4	Moderate brown
5 YR 5/2	Pale brown
5 YR 5/6	Light brown

HUE 10 YR

10 YR 2/2	Dusky yellowish brown
10 YR 4/2	Dark yellowish brown
10 YR 5/4	Moderate yellowish brown
10 YR 6/6	Dark yellowish orange

Beschreibung
Kern: 11 SC

Sektion: 1 Blatt: 1
Intervall: 0-100,5 cm

Position: 79° 21' 81
 13° 58' 60

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0				
				leer
10				
			11-16cm: schokoladenbrauner, siltig-toniger Bereich mit lagigen Fe/Mn-Sulfiden	
20			15-24cm: siltiger Ton ohne Fe/Mn-Sulfide, bioturbat	
			24-32cm: viele Fe/Mn-Sulfide Lamination angedeutet	
30			32-33cm: unscharf begrenzter Bereich ohne Fe/Mn-Sulfide	
			33-37cm: Monosulfidlagen	
40			37-41cm: unscharf begrenzter, bioturbater Bereich	
			41-54cm: lagige Fe/Mn-Sulfide	
50			Farbe über die gesamte Sektion: 5 YR 4/4 Farbe der Fe/Mn-Sulfide: 5 YR 2/1 bis N 2	
			54-58cm: unscharf begrenzter, bioturbater Bereich	
60			60-69cm: vermehrtes Auftreten von Fe/Mn-Sulfiden, angedeutete Lamination	
			69-72cm: Bereich ohne Fe/Mn-Sulfide	
70			72-77cm: vermehrt Fe/Mn-Sulfide, Lamination angedeutet	
			77-100cm: sporadisches, ab 92cm vermehrtes Auftreten von Fe/Mn-Sulfiden	
80				
90				
100				

Beschreibung
Kern: 11 SC

Sektion: 2 Blatt: 1
Intervall: 100,5-200 cm

Position: 79° 21' 81
13° 58' 60

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0			leer	
3-12cm			dunkelbrauner siltiger Ton mit zwei Feinsandlagen	
10			Fe/Mn-Sulfide, Lamination angedeutet.	
			Farbe über die gesamte Sektion: 5 YR 4/4 Farbe der Fe/Mn-Sulfide: 5 YR 2/1	
12-25cm			schokoladenbrauner, siltiger Ton mit angedeuteter Lamination und Fe/Mn-Sulfiden, bei 15cm Muschelfragmente	
20				
25-28cm			siltig-toniger Bereich mit wenig Fe/Mn-Sulfiden und Dropstones, unscharfe Begrenzung	
30				
28-36cm			Bereich ohne Fe/Mn-Sulfide, bei 36cm Muschelfragment, angedeutete Lamination	
40				
36-45cm			siltiger Ton, "steifer" als oberhalb, viele Fe/Mn-Sulfide	
45-51cm			stark bioturbater Bereich mit wenigen Fe/Mn-Sulfiden	
50				
51-55cm			Fe/Mn-Sulfid- Lamination	
55-64cm			Siltig-toniger Bereich	
60				
64-75cm			siltiger Ton mit angedeuteter Lamination und z.T. lagenartigen Fe/Mn-Sulfid- "anreicherungen"	
70				
75-88cm			dichte Fe/Mn-Sulfidamination, "steifer" als oberhalb	
80				
88-100			siltiger Ton mit nur wenigen Fe/Mn-Sulfiden	
90				
100				

Beschreibung
Kern: 11 SC

Sektion: 3 Blatt: 1
Intervall: 200-277cm

Position: 79° 21' 81
 13° 58' 60

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0			leer	
10			4-15cm: dunkelbrauner siltiger Ton mit angedeuteter Lamination und Fe/Mn-Sulfiden	
20			Farbe über die gesamte Sektion: 5 YR 4/4 Farbe der Fe/Mn-Sulfide: 5 YR 2/1 bis N 2	
30			15-33cm: vereinzelt Fe/Mn-Sulfide, im oberen Bereich bioturbat	
40			33cm: Muschelfragmente	
50			33-37cm: laminierter Bereich	
60			37-41cm: siltiger Ton	
70			41-46cm: angedeutete Lamination	
80			46cm: Muschelfragmente	
90			53-55cm: flaserige Fe/Mn-Sulfidlagen, unscharf begrenzt	
100			55-70cm: siltiger Ton mit sporadischem Auftreten von Fe/Mn-Sulfiden	
			70-77cm: Fe/Mn-Sulfidanreicherung, angedeutete Lamination bei 75cm Muschelschalen	

Beschreibung
Kern: 14 SL

Sektion: 1 Blatt: 1
Intervall: 0-78cm

Position: 79°32'324
12°27'141

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0			4cm: Dropstone in olivgrauem siltigen Ton,	5 GY 5/2
			7-14cm: Fe/Mn-Sulfide lagenartig angereichert Lamination angedeutet	N2
10			12-12,5cm: dunkle Lage	N2
			14-16cm: Feinsandlage, scharf umgrenzt,	10 GY 4/2
20			16-23cm: 2 Feinsandbänder in siltig-toniger Matrix	
			22cm: dunkle Lage	N2
			23-26cm: sandiger Bereich	10 GY 4/2
			26-30cm: tonig-siltiger Bereich mit Monosulfidlagen bei 27 und 28,5cm	5 GY 5/2 N2
30			30-38cm: sandiger Bereich mit kleinen Dropstones	10 GY 4/2
			32cm: lagig angeordnete Gasblasen, 32-38cm aufsteigende Gasblasen	
40			38-39cm: toniges Band	5 GY 5/2
			39-43cm: dunkelgebänderter Bereich mit Dropstones	
			42cm: dunkle Lage	N2
			43-44cm: toniges Band	5 GY 5/2
			44-49cm: Feinsand mit 2 Gaslagen und Gasaufstieg	
50			49-50cm: toniges Band	5 GY 5/2
			50-62cm: Feinsand-Sand, bereichsweise mit Dropstones	
			51cm: dunkle Lage, 52cm: Dropstonelage mit Gasblasen	
			52-62cm: Feinsand-Sand Wechsellagen, nach oben mit einer Lage aus Gasblasen abschließend (52cm)	
60			62-64cm: siltig-tonige Lage, 63cm: dunkle Lage	5GY 5/2, N2
			64-65cm: Feinsandlage	10 GY 4/2
			65-67cm: toniger Bereich mit Monosulfiden	
70			67-70cm: Feinsand-Silt	5 GY 5/2
			70-75cm: Sand-Feinsand	5 GY 3/2
80			leer	
90				
100				

Beschreibung
Kern: 18-SL

Sektion: 1 Blatt: 1
Intervall: 0-93 cm













Position: 79°42'289
 13°53'858

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0			0-7cm: stark bioturbater, strukturloser siltiger Ton	5YR 3/2
10			7-13cm: angedeutete Lamination aus Fe/Mn- Sulfiden	5 Y 2/1
20			13-21cm: stark bioturbater Bereich mit sporadischem Auftreten von Fe/Mn-Sulfiden	10 YR 4/2
30			21-29cm: sehr stark bioturbater, marmorierter Bereich, viele Wurmbauten, ab 28cm: lagige Fe/Mn- Sulfide	10 YR 4/2
40			29-39cm: stark bioturbater, marmorierter Bereich, ab 33cm lagige Fe/Mn-Sulfide	5 YR 3/2
50			39cm: Dropstone, sporadisch Fe/Mn- Sulfide 40,5cm Muschelfragmente	
60			40,5-51cm: vermehrtes auftreten lagige Fe/Mn-Sulfide, "steifer" als oberhalb, Lamination angedeutet	5 Y 3/2
70			51-93cm: stark bioturbater Bereich mit sporadisch auftretenden Fe/Mn- Sulfiden (65-68cm, 90-91cm), Schill bei 76-80cm und 89-93cm	5 Y 3/2
80				
90				
100				

Beschreibung
Kern: 18-SL

Sektion: 2 Blatt: 1
Intervall: 93- 191 cm


































Position: 79°42'289
 13°53'858

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0			0-28cm: bioturbater bis stark bioturbater, strukturloser, siltiger Ton	5YR 3/2
10			13cm: Muschelfragment	
20				
30			28-32cm: gering bioturbater Bereich	5 YR 5/2
40			32-46cm: stark bioturbater Bereich, strukturlos. bei 48cm: Dropstone, sporadische Verteilung von Fe/Mn- Sulfiden.	5 Y 3/2 5 GY 2/1
50				
60			46-100 cm: stark bis sehr stark bioturbater Bereich mit sporadisch auftretenden Fe/Mn- Sulfiden	5 Y 3/2 bis 5 GY 3/2 bzw. 5 YG 2/1
70				
80				
90				
100				

Beschreibung
Kern: 18-SL

Sektion: 3 Blatt: 1
Intervall: 191- 290cm

Position: 79°42'289
13°53'858

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0			0-6cm: stark bioturbater, strukturloser, siltiger Ton mit flaserigen Fe/Mn- Sulfiden	5 GY 3/2 5 GY 2/1
10			6-23cm: marmoriert, stark bioturbat, sporadisch Fe/Mn Sulfide	5 GY 5/2 5 GY 3/2
20				
30		  	23-42cm: gering bis nicht bioturbater Bereich	5 YR 5/2
40		 		
50			42-56cm: stark bioturbater Bereich, strukturlos	5 GY 3/2
60		   		
70		 	56-82cm: mäßig bis gering bioturbat, Muschelfragmente	5 GY 5/2 bis 5 GY3/2
80		   	82-100cm mäßig bis gering bioturbater Bereich spaaradisch Fe/Mn- Sulfide (82-85, 93-97cm) bei 88cm: Muschelfragmente	5 GY 5/2 5 GY 2/1
90		 		
100				

Beschreibung
Kern: 18-SL

Sektion: 4 Blatt: 1
Intervall: 290-390cm

Position: 79°42'289
13°53'858

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0				
10			0-15cm: mäßig bioturbater, strukturloser, siltiger Ton, sporadisch mit flaserigen Fe/Mn- Sulfiden, zwischen 13-17cm Muscheln	5 GY 3/2 5 GY 2/1
20			15-46cm: stark bioturbater Bereich, strukturlos, bereichsweise Anreicherungen von Fe/Mn- Sulfiden (20-23cm, 29-31cm).	5 GY 3/2 bis 10 GY 3/2
30				
40				
50			46-68cm: siltiger Ton mit Feinsandanteil, nicht bioturbat, 46cm Dropstones bei 59cm: Muschelschale	10 Y 4/2 bis 5 Y 5/2
60				
70			68-73cm: Muschelschalen, Fe/Mn- Sulfide	
80			73-78cm: gering bioturbater Bereich	5 Y 5/2 bis 5 Y 3/2
90			78-82cm: Dropstones und Muschelschalen	
			78-91cm: gering bioturbater Bereich, strukturlos	
100			91-93cm: Dropstones 93-96cm: flaserige Fe/Mn- Sulfide	

Beschreibung
Kern: 18-SL

Sektion: 5 Blatt: 1
Intervall: 390-402cm

Position: 79°42'289
 13°53'858

Tiefe (cm)	Struktur	Lithologie	Beschreibung	Farbe
0				
10			0-12cm: marmorierter, siltiger Ton, mit flaserigen Fe/Mn-Sulfiden, großer Dropstone/Dropstoneloch ab 9cm	5 GY 3/2 5 GY 2/1
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				

7.3. Radiographiebeschreibungen

- Legende zu den Radiographiebeschreibungen
- Woodfjordprovinz: NP'94- 11 SL, NP'94- 12 SL
- Liefdefjordprovinz: NP'94- 14 SL, NP'94- 15 SL, NP'94- 16 SL, NP'94- 17 SL
- Zusammenflußregion: NP'94- 13 SL, NP'94- 18 SL

Legende zur Radiographieauswertung

Biogene Komponenten



Schale (Muscheln und Schnecken)



Schalenfragment



Bryozoenfragment

Authigene Komponenten

P

Pyritfäden

P_k

Pyritkugeln

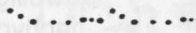
Grobsedimente



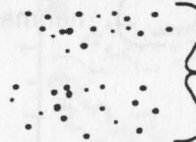
isolierte Dropstones > 3mm



Grobsedimente < 3mm



lagenförmig angeordnet



diffus verteilt

Bioturbationsmerkmale



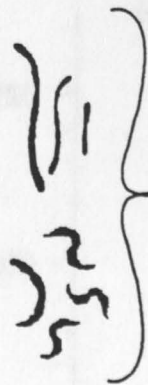
Tassefia Fressbauten, 2-4cm hoch, 1-3cm breit. Durchmesser der Einzelröhren 0,05-0,3cm



langgestreckte Gänge variabler Richtung und Größe: Längen ca. 0,3-4cm, Durchmesser 0,05-4cm



gewundene Gänge variabler Richtung und Größe: Längen ca. 0,1-1,5cm, Durchmesser 0,02-0,15cm



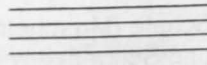
dito pyritisiert

Gefüge

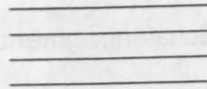
Lamination



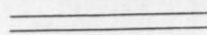
Schichtmächtigkeit < 2mm



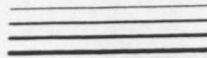
Schichtmächtigkeit 2-5mm



Schichtmächtigkeit > 5mm



Einzellage

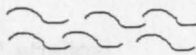


gradierte Schichtung

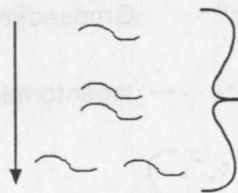


deformierte Lamination

Flaserschichtung



Flaserschichtung



flaseriges Gefüge, dem jeweiligen Gefügebild nachvollzogen, Ausprägung in Pfeilrichtung zunehmend

Blasenförmige Hohlräume



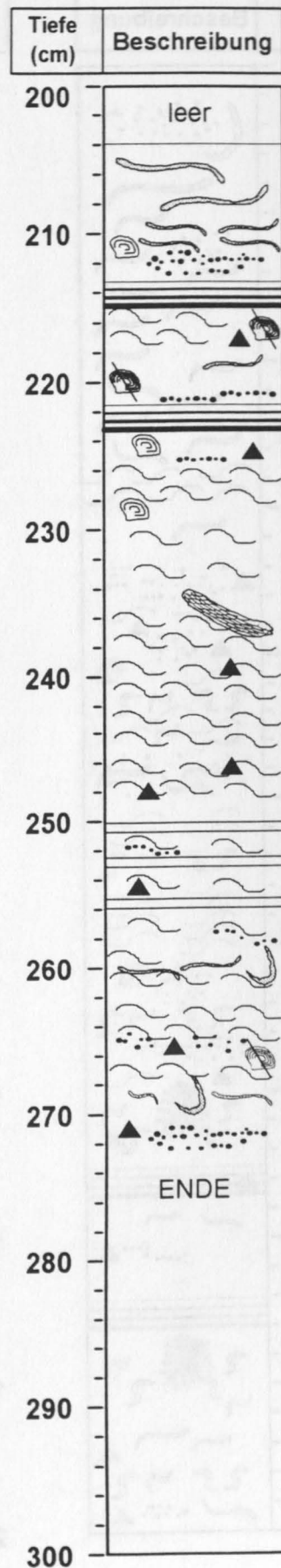
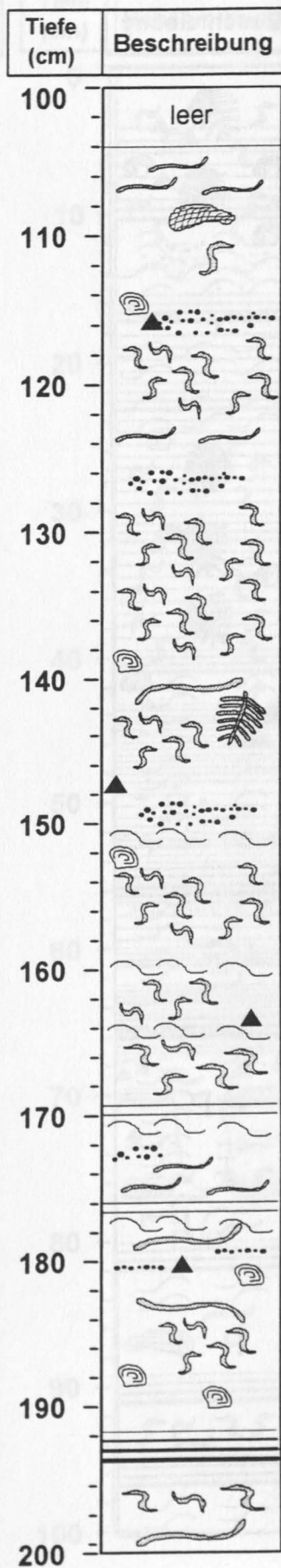
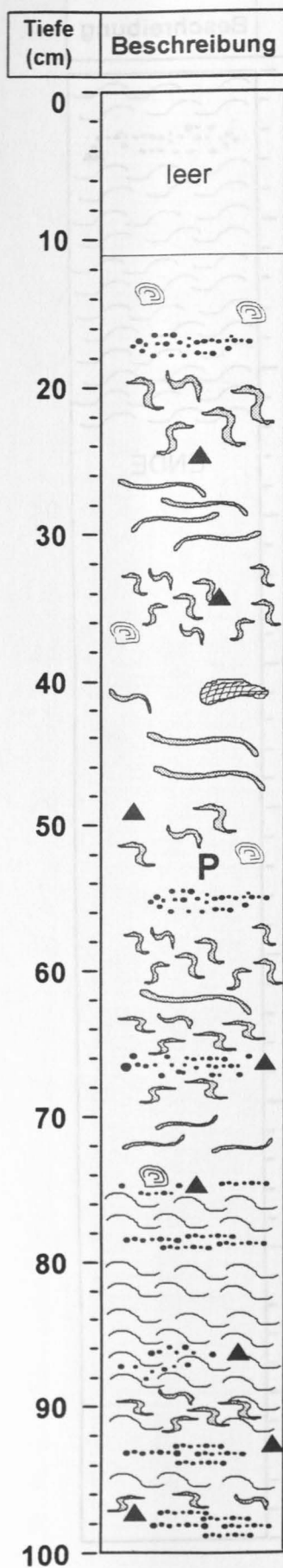
lagenförmig angeordnet



diffus verteilt

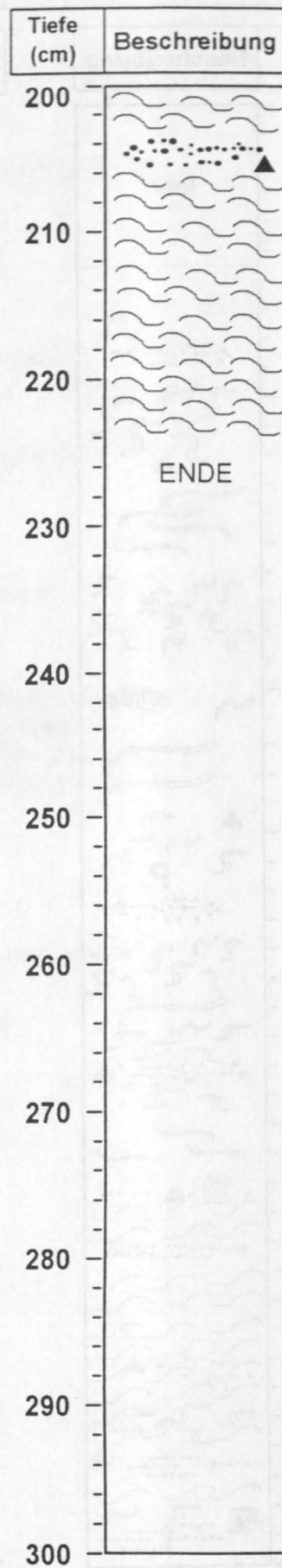
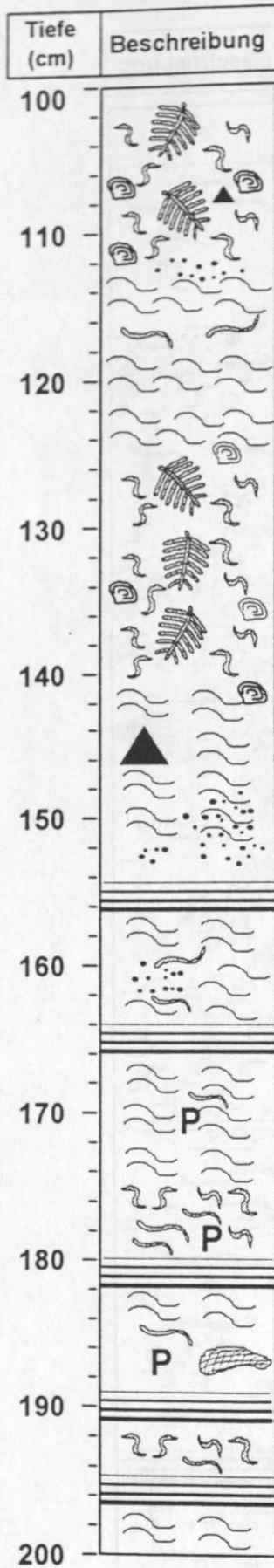
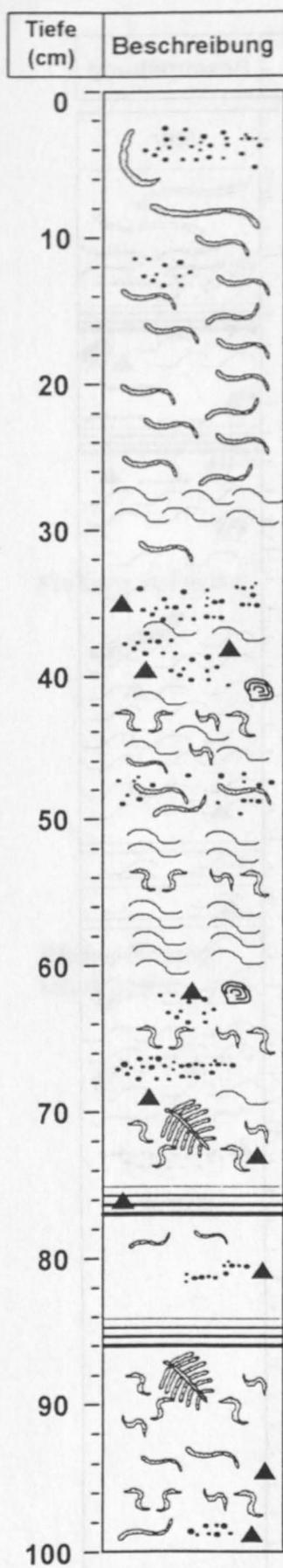
Radiographieauswertung

Kern: NP94-11SC (proximaler Woodfjord)



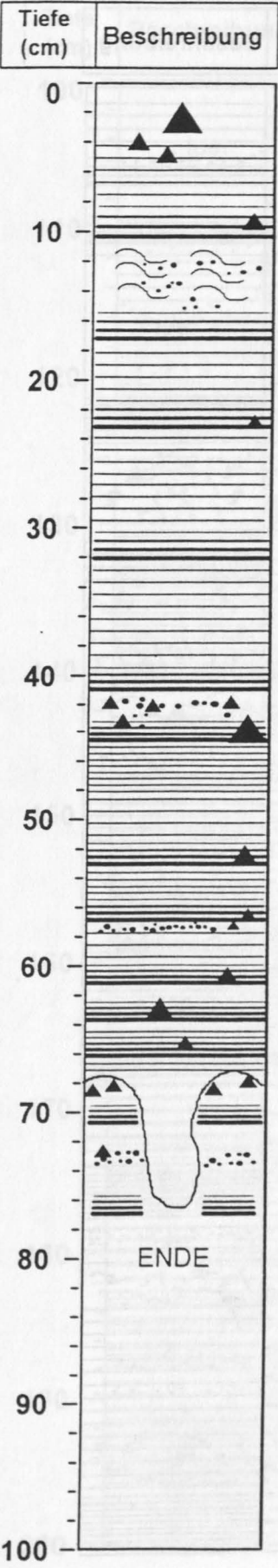
Radiographieauswertung

Kern: NP94-12 SL (Woodfjord)



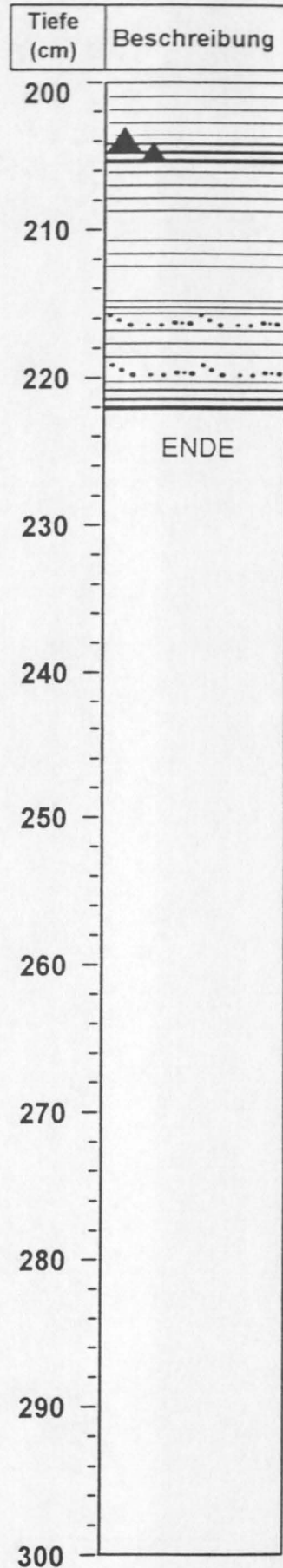
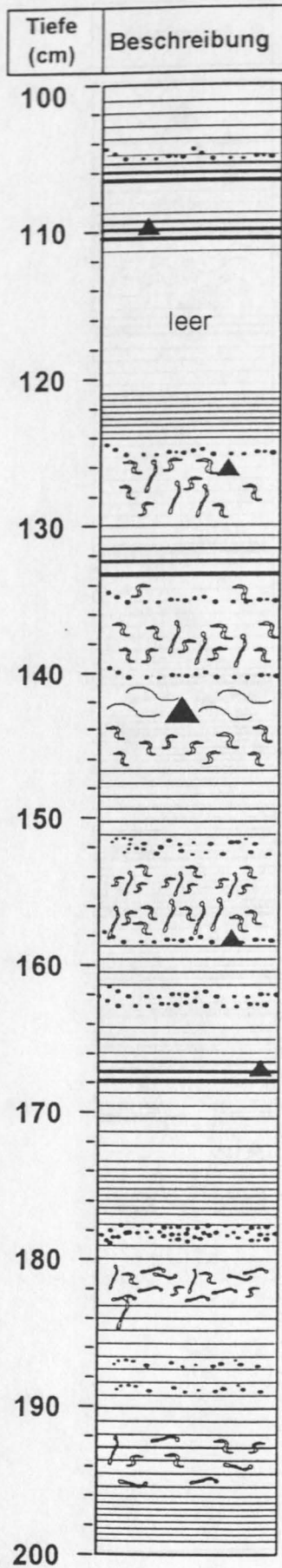
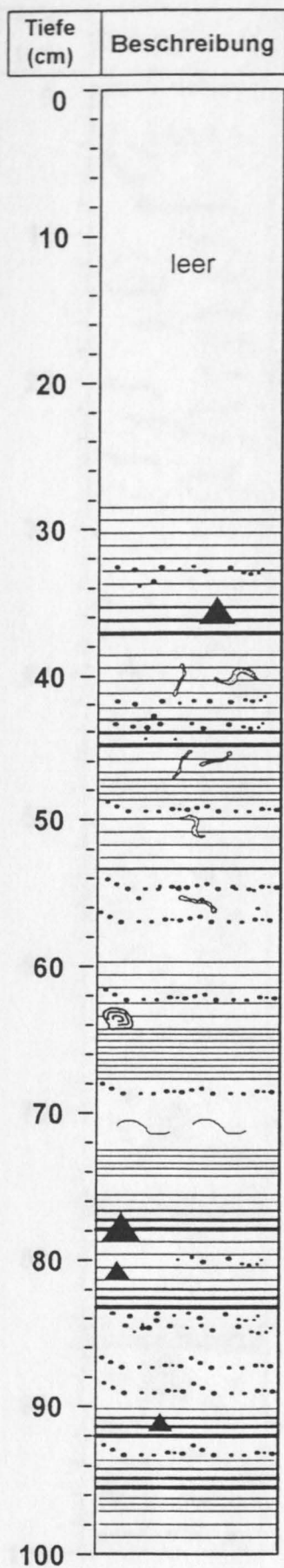
Radiographieauswertung

Kern: NP94-14 SL (proximaler Liefdefjord)



Radiographieauswertung

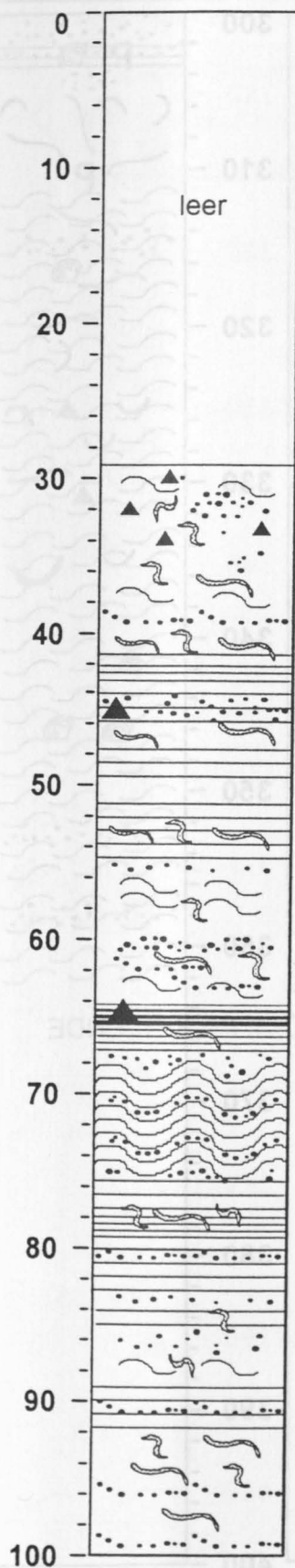
Kern: NP94-15 (proximaler Liefdefjord)



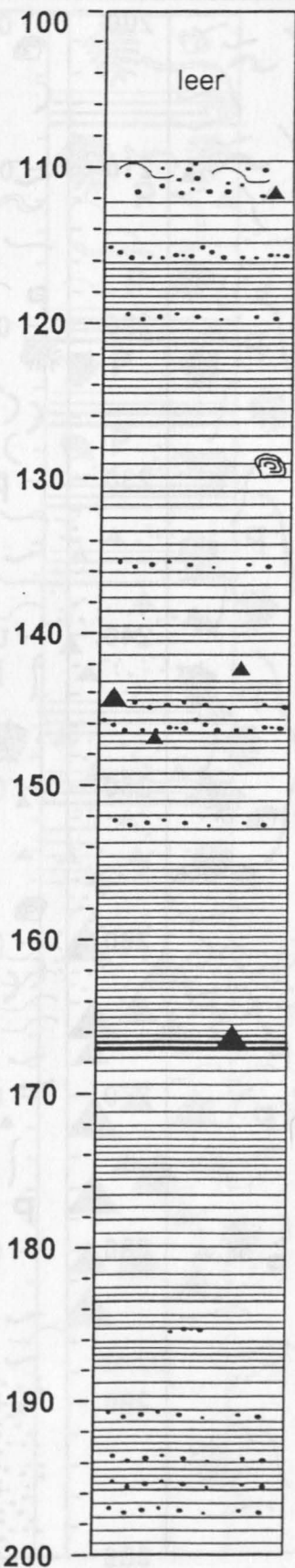
Radiographieauswertung

Kern: NP94-16 SL (proximaler Liefdefjord)

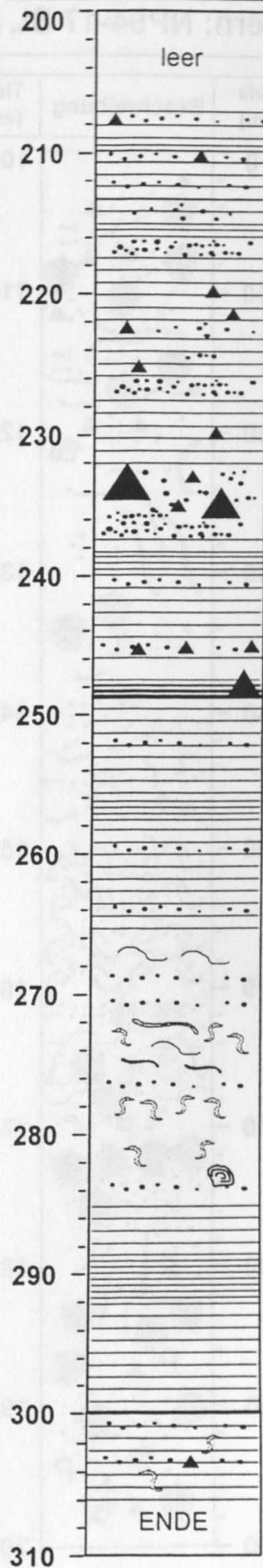
Tiefe (cm)	Beschreibung
------------	--------------



Tiefe (cm)	Beschreibung
------------	--------------

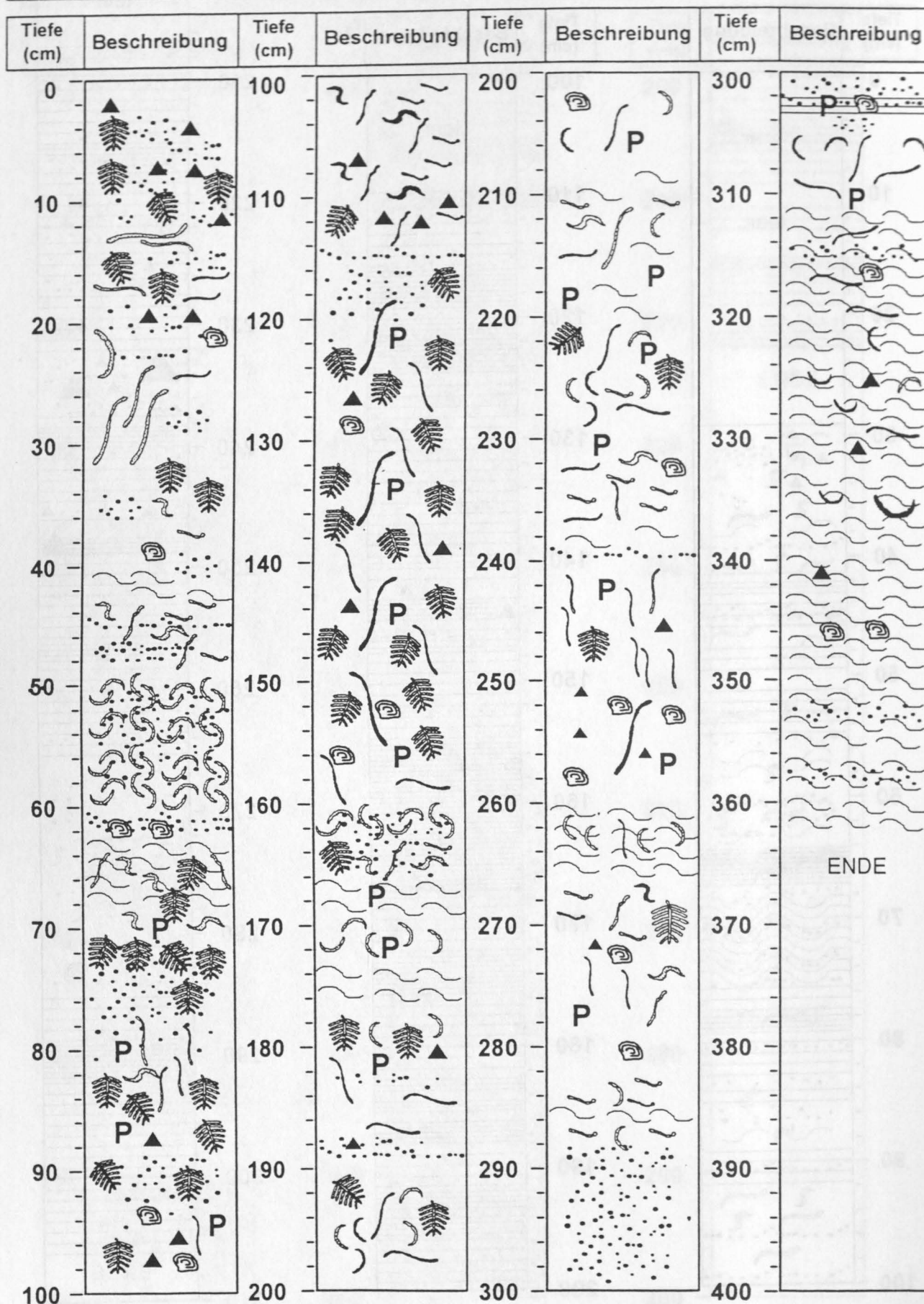


Tiefe (cm)	Beschreibung
------------	--------------



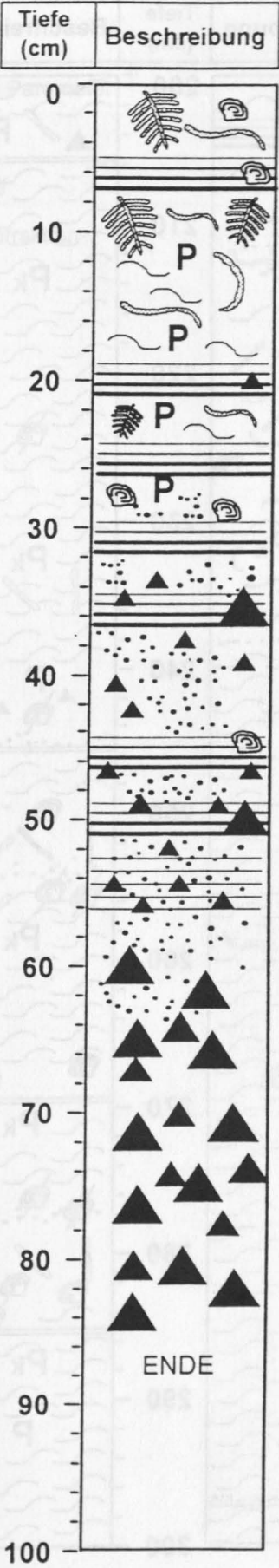
Radiographieauswertung

Kern: NP94-17 SL (mittlerer Liefdefjord)



Radiographieauswertung

Kern: NP94-13-SL (laterale Zusammenflußregion)



Radiographieauswertung

Kern: NP94-18 SL (Zusammenflußregion)

Tiefe (cm)	Beschreibung	Tiefe (cm)	Beschreibung	Tiefe (cm)	Beschreibung	Tiefe (cm)	Beschreibung
0		100		200		300	
10		110		210		310	
20		120		220		320	
30		130		230		330	
40		140		240		340	
50		150		250		350	
60		160		260		360	
70		170		270		370	
80		180		280		380	
90		190		290		390	
100		200		300		400	
							ENDE

7.4. Meßwerte

1. Sedimentphysikalische Parameter

2. Kalziumkarbonat

3. organischer Kohlenstoff

4. Subfraktionen der Grobfraction

Profil	tiefe (m)	dichte (g/cm³)	Moist (g/g)	Feuchte (g/g)	CaCO ₃ (g/g)	TOC (g/g)
70.45	1.07	2.59	85	53.2	27.43	0.15
70.40	1.0	2.4	82	52.1	25.24	0.15
50.95	28.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
45.80	22.1	2.45	84	52.1	27.43	0.15
40.95	25.1	2.4	86	53.1	27.43	0.15
35.20	28.08	2.41	87	53.1	27.43	0.15
30.35	24.0	2.4	88	53.1	27.43	0.15
25.40	20.08	2.40	88	53.1	27.43	0.15
20.55	25.0	2.4	87	53.1	27.43	0.15
15.80	20.08	2.47	87	53.1	27.43	0.15
10.95	9.0	2.4	86	53.1	27.43	0.15
5.80	26.1	2.4	85	53.1	27.43	0.15
0.80	28.08	2.43	86	53.1	27.43	0.15
51.85	28.0	2.4	86	53.1	27.43	0.15
46.95	18.0	2.4	86	53.1	27.43	0.15
40.80	2.12	2.63	87	53.1	27.43	0.15
35.35	3.04	2.64	85	53.1	27.43	0.15
30.38	12.1	2.4	85	53.1	27.43	0.15
25.0	60.1	2.4	86	53.1	27.43	0.15
20.1	81.1	2.4	85	53.1	27.43	0.15
15.0	10.5	2.4	86	53.1	27.43	0.15
10.01	58.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
5.0	80.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
0.0	100.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
78.8	54.1	2.4	85	53.1	27.43	0.15
97.01	0.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
8.11	61.8	2.4	85	53.1	27.43	0.15
28.11	25.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
17.82	0.33	2.4	85	53.1	27.43	0.15
38.08	68.0	2.4	85	53.1	27.43	0.15
0.83	0.83	2.4	85	53.1	27.43	0.15

Tab. 7.4.-1.a:

Sedimentphysikalische Eigenschaften
von Kern NP'94-11 SC-1

Tiefe	Feucht-	Trocken-	Wasser-	Porosität	>63µm	Scherfestig-
(cm)	dichte	dichte	gehalt	(%)	(Gew.%)	keit
	(g/cm exp 3)		(%)			(kPa)
11			31	45	1,29	
15	1,72	1,22	29	44		4,07
20	1,77	1,26	29	44	0,4	4,07
30	1,74	1,23	28	43	0,83	9,02
40	1,72	1,12	32	46	1,35	5,25
50	1,77	1,26	30	45	1,25	6,08
60	1,81	1,3	29	44	0,53	5,25
70	1,79	1,27	29	44	0,45	7,22
80	1,75	1,22	31	45	0,04	4,71
90	1,74	1,21	31	45	0,23	2,06
100	1,8	1,27	30	45	0,25	5,98
105	1,79	1,33	31	45	0,9	
110	1,75	1,21	29	44	1,35	6,18
120	2,38	1,7	29	44	0,58	5,88
130	1,55	1,22	30	45	0,82	5,12
140	1,86	1,38	30	45	0,81	5,39
150	1,78	1,25	30	45	1,2	4,02
160	1,82	1,27	28	43	0,8	5,59
170	1,73	1,23	29	44	1,31	5,59
180	1,77	1,25	30	44	1,06	6,77
190	1,76	1,24	32	46	1,18	3,87
204	1,82	1,31	29	44	2,07	
210	1,77	1,26	29	44	0,82	13,24
220	1,84	1,32	28	43	0,96	7,1
230	1,8	1,29	29	44	1,09	7,34
240	1,79	1,26	29	44	1,42	8,87
250	1,81	1,31	29	44	0,6	10,79
260	1,82	1,29	29	44	3,13	8,71
270	1,83	1,33	28	43	0,73	17,65
276			24	39	0,59	59,82
277			27	43	0,83	

Tab. 7.4.-1.b.:

Sedimentphysikalische Eigenschaften
von Kern NP'94-14 SL

Tiefe	Feucht- dichte	Trocken- dichte	Wasser- gehalt	Porosität	>63µm	Scherfestig- keit
(cm)	(g/cm exp 3)		(%)	(%)	(Gew.%)	(kPa)
2			39	51		
5	1,87	1,39	29	44	20,06	1,68
10			32	47	13,98	0,97
15			25	41	12,95	3,33
20	2	1,76	24	40	11,04	3,14
25			20	35	49,68	26,48
30	1,88	1,41	27	42	10,92	6,75
35			18	33	63,52	47,56
40	1,87	1,39	24	39	26,3	14,22
45			17	32	56,08	57,86
50	1,99	1,67	17	32	76,47	
55			16	30	68,82	14,46
58						81,89
60	2,06	1,73	10	22	81,18	
65			23	39	23,06	20,59
67						9,49
70	2,12	1,83	17	31	63,45	77,96
75	1,74	1,24	15	29	83,59	27,46
78						84,34

Tab. 7.4.-1.c.:

Sedimentphysikalische Eigenschaften
von Kern NP'94-18 SC-1

Tiefe	Feucht- dichte	Trocken- dichte	Wasser- gehalt	Porosität	>63µm	Scherfestig- keit
(cm)	(g/cm exp 3)		(%)	(%)	(Gew.%)	(kPa)
5	1,46	0,79	47	56	0,62	4,81
10	1,45	0,77	48	56	0,48	4,61
20	1,46	0,8	46	55	0,72	5,71
30	1,48	0,82	45	55	1,04	5,32
40	1,5	0,83	46	55	1,18	6,51
50	1,46	0,81	47	56	1,06	6,39
60	1,5	0,83	46	55	0,32	8,24
70	1,35	0,84	45	55	0,56	13,73
80	1,46	0,8	46	56	1,1	6,18
90	1,53	0,88	46	55	0,74	13,73
93			45	55	0,91	
105			43	54	0,84	11,52
110	1,5	0,87	43	54	0,36	14,46
120	1,46	0,82	44	54	0,24	8,87
130	1,47	0,82	46	55	0,65	13,24
140	1,52	0,86	44	54	0,53	14,71
150	1,55	0,89	44	54	0,82	8,87
160	1,54	0,89	43	54	0,41	12,01
170	1,56	0,91	43	53	0,74	12,01
180			42	53	0,71	20,1
190	1,56	0,91	42	53	0,45	12,01
195						14,96
200	1,57	0,99	40	52	0,49	
205			40	52		
210	1,54	0,91	33	47	17,68	14,22
220	1,52	0,89	41	53	0,66	13,97
230	1,57	0,95	40	52	1,06	8,24
240	1,58	0,96	39	51	1,02	8,63
250	1,54	0,92	40	52	0,79	12,01
260	1,58	0,95	40	52	0,59	11,52
270	1,57	0,94	40	52	1,09	11,77
280	1,61	0,98	39	51	0,4	11,77
290	1,57	0,96	40	52	0,92	17,65
300	1,59	0,98	38	51	0,95	10,54
305			38	50	0,89	19,61
310	1,61	1,02	37	50	0,57	38,49
320	1,61	1,01	38	51	0,53	30,65
330	1,8	1,14	37	50	0,62	17,65
340	1,59	0,99	38	50	0,4	27,46
350	1,65	1,09	34	48	1,18	19,12
360	1,6	0,99	38	51	0,2	15,2
370	1,68	1,08	36	49	1,93	17,65
380	1,64	1,04	36	49	0,58	12,75
390	1,52	0,94	39	51	1,29	12,26
400	1,62	1	39	51	0,54	10,54
410	1,57	0,98	38	51	0,21	15,69

**Tab. 7. 4.-2: Kalziumkarbonatgehalte
der Sedimentkerne
NP'94-11 SC, -14 SL und -18-SL**

NP'94-11 SC		NP'94-14 SL		NP'94-18 SL	
Tiefe (cm)	CaCO ₃ (Gew.%)	Tiefe (cm)	CaCO ₃ (Gew.%)	Tiefe (cm)	CaCO ₃ (Gew.%)
15	12,637	5	2,968	2	2,67
20	14,479	10	3,043	5	2,85
30	15,577	15	3,317	10	3,47
40	13,884	20	4,017	20	3,74
50	14,234	25	2,592	30	4,13
60	14,85	30	3,126	40	4,25
70	15,745	35	4,191	50	2,9
80	17,532	40	3,127	60	3,54
90	15,766	45	2,755	70	4,17
100	13,252	50	3,220	80	4,69
102	10,878	55	3,251	90	4,41
110	10,754	60	3,706	93	4,51
120	11,239	65	4,008	105	4,03
130	12,285	70	3,752	110	4,31
140	12,688	73	2,562	120	3,91
150	12,375			130	3,81
160	12,373			140	4,08
170	11,146			150	3,68
180	11,975			160	4,23
190	12,775			170	3,8
195	12,575			180	3,61
205	11,343			190	4,23
210	10,925			200	5,51
220	11,612			205	4,48
230	9,731			210	4,18
240	8,263			220	5,02
250	6,928			230	5,37
260	5,877			240	5,09
270	5,691			250	5,6
				260	6,18
				270	6,35
				280	6,52
				290	5,87
				300	3,02
				305	4,69
				310	4,96
				320	4,84
				330	5,38
				340	4,81
				350	5
				360	5,33
				370	5,52
				380	5,6
				390	5,1
				400	5,98
				410	5,3

Tab. 7.4.-3: C _{org} - Messungen an den Sedimentkernen NP'94-11 SC und -14 SL			
NP'94-11 SC		NP'94-14 SL	
Tiefe (cm)	C-org (Gew.%)	Tiefe (cm)	C-org (Gew.%)
45	0,05	30	0,15
46	0,05	31	0,11
47	0,12	32	0,06
48	0,15	33	0,06
49	0,2	34	0,09
53	0,13	35	0,04
54	0,15	36	0,05
55	0,15	36	0,04
56	0,11	37	0,27
57	0,13	39	0,06
58	0,14	40	0,13
59	0,15	41	0,08
60	0,13	42	0,09
61	0,13	43	0,16
		44	0,1
169	0,19	45	0,13
171	0,2	46	0,03
172	0,18	47	0,26
173	0,21	48	0,04
174	0,14	49	0,06
175	0,18	50	0,03
177	0,11	51	0,05
178	0,16	52	0,08
		53	0,06
		54	0,05

Tab. 7.4.-4.a:

Subfraktionen der Grobfraktion (>63µm)
in Gewichtsprozenten (Gew.%)
von Kern NP'94-11 SC-1

Tiefe (cm)	>63µm	63- 125µm	125- 250µm	250- 500µm	500- 1000µm	>1000µm	Ton/Silt <63µm	Sand 63-1000µm	Grobs/Kies >1000µm
11	1,29	0,18	0,09	0,18	0,36	0,67	98,71	0,80	0,67
20	0,40	0,12	0,16	0,08	0,04	0,00	99,60	0,40	0,00
30	0,83	0,47	0,10	0,10	0,10	0,05	99,17	0,78	0,05
40	1,35	0,47	0,41	0,23	0,06	0,18	98,65	1,17	0,18
50	1,25	0,24	0,18	0,06	0,00	0,77	98,75	0,48	0,77
60	0,53	0,11	0,21	0,21	0,00	0,00	99,47	0,53	0,00
70	0,45	0,20	0,15	0,05	0,05	0,00	99,55	0,45	0,00
80	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	99,96	0,04	0,00
90	0,23	0,05	0,09	0,05	0,05	0,00	99,77	0,23	0,00
100	0,25	0,05	0,10	0,00	0,00	0,10	99,75	0,15	0,10
105	0,90	0,66	0,16	0,08	0,00	0,00	99,10	0,90	0,00
110	1,35	0,81	0,41	0,07	0,07	0,00	98,65	1,35	0,00
120	0,58	0,29	0,22	0,07	0,00	0,00	99,42	0,58	0,00
130	0,82	0,32	0,25	0,19	0,06	0,00	99,18	0,82	0,00
140	0,81	0,29	0,29	0,17	0,06	0,00	99,19	0,81	0,00
150	1,20	0,32	0,46	0,28	0,14	0,00	98,80	1,20	0,00
160	0,80	0,40	0,23	0,11	0,06	0,00	99,20	0,80	0,00
170	1,31	0,46	0,46	0,23	0,15	0,00	98,69	1,31	0,00
180	1,06	0,44	0,31	0,12	0,19	0,00	98,94	1,06	0,00
190	1,18	0,50	0,42	0,17	0,08	0,00	98,82	1,18	0,00
200	0,92	0,40	0,29	0,17	0,06	0,00	99,08	0,92	0,00
104	2,07	0,27	0,27	0,27	0,44	0,00	97,93	1,25	0,82
210	0,82	0,25	0,20	0,25	0,10	0,00	99,18	0,82	0,00
220	0,96	0,24	0,24	0,29	0,14	0,05	99,04	0,91	0,05
230	1,09	0,38	0,43	0,24	0,05	0,00	98,91	1,09	0,00
240	1,42	0,64	0,44	0,24	0,10	0,00	98,58	1,42	0,00
250	0,60	0,33	0,17	0,07	0,03	0,00	99,40	0,60	0,00
260	3,13	0,53	0,48	0,43	0,14	1,54	96,87	1,59	1,54
270	0,73	0,46	0,18	0,06	0,03	0,00	99,27	0,73	0,00
276	0,59	0,31	0,08	0,03	0,03	0,14	99,41	0,45	0,14
277	0,83	0,24	0,16	0,12	0,04	0,26	99,17	0,56	0,26

Tab. 7.4.-4.b.:

Subfraktionen der Grobfraktion (>63µm)
in Gewichtsprozenten (Gew.%)
von Kern NP'94-14 SL-1

Tiefe	>63µm	63-	125-	250-	500-	>1000µm	Ton/Silt	Sand	Grobs/Kies
(cm)		125µm	250µm	500µm	1000µm		<63µm	63-1000µm	>1000µm
5	20,06	15,61	2,76	0,46	0,26	0,97	79,94	19,09	0,97
10	13,98	11,63	1,61	0,19	0,25	0,31	86,02	13,67	0,31
15	12,95	8,13	4,73	0,05	0,05	0,00	87,05	12,95	0,00
20	11,04	10,62	0,34	0,04	0,04	0,00	88,96	11,04	0,00
25	49,68	9,23	39,77	0,32	0,16	0,21	50,32	49,47	0,21
30	10,92	8,35	2,13	0,15	0,10	0,20	89,08	10,73	0,20
35	63,52	8,12	55,11	0,29	0,00	0,00	36,48	63,52	0,00
40	26,30	14,11	7,15	0,85	0,50	3,67	73,70	22,62	3,67
45	56,08	4,02	48,12	1,60	0,82	1,53	43,92	54,56	1,53
50	76,47	6,51	69,05	0,88	0,04	0,00	23,53	76,47	0,00
55	68,82	3,85	60,85	3,74	0,28	0,10	31,18	68,72	0,11
60	81,18	3,10	73,86	4,22	0,00	0,00	18,82	81,18	0,00
65	23,06	2,22	19,91	0,62	0,23	0,08	76,94	22,98	0,08
70	63,45	1,96	55,07	3,25	1,65	1,53	36,55	61,93	1,53
75	83,59	3,43	74,44	4,46	0,32	0,95	16,41	82,64	0,95

Tab. 7.4.-4.c.:

Subfraktionen der Grobfraktion (>63µm)
in Gewichtsprozenten (Gew.%)
von Kern NP'94-18 SL-1

Tiefe (cm)	>63µm	63- 125µm	125- 250µm	250- 500µm	500- 1000µm	>1000µm	Ton/Silt <63µm	Sand 63-1000µm	Grobs/Kies >1000µm
5	0,62	0,41	0,12	0,08	0,00	0,00	99,38	0,62	0,00
10	0,48	0,32	0,08	0,04	0,04	0,00	99,52	0,48	0,00
20	0,72	0,38	0,11	0,11	0,08	0,04	99,28	0,68	0,04
30	1,04	0,54	0,15	0,15	0,12	0,08	98,96	0,97	0,08
40	1,18	0,82	0,12	0,04	0,04	0,16	98,82	1,02	0,16
50	1,06	0,38	0,17	0,08	0,04	0,38	98,94	0,68	0,38
60	0,32						99,68	0,00	0,00
70	0,56	0,34	0,15	0,04	0,04	0,00	99,44	0,56	0,00
80	1,10	0,34	0,13	0,13	0,13	0,38	98,90	0,72	0,38
90	0,74	0,37	0,12	0,12	0,04	0,08	99,26	0,66	0,08
93	0,91	0,35	0,17	0,17	0,09	0,13	99,09	0,78	0,13
105	0,84	0,31	0,09	0,09	0,09	0,26	99,16	0,57	0,26
110	0,36	0,27	0,04	0,04	0,00	0,00	99,64	0,36	0,00
120	0,24						99,76	0,00	0,00
130	0,65	0,36	0,12	0,12	0,04	0,00	99,35	0,65	0,00
140	0,53	0,29	0,12	0,04	0,08	0,00	99,47	0,53	0,00
150	0,82	0,30	0,13	0,09	0,04	0,26	99,18	0,56	0,26
160	0,41	0,29	0,08	0,04	0,00	0,00	99,59	0,41	0,00
170	0,74	0,37	0,12	0,08	0,04	0,12	99,26	0,62	0,12
180	0,71	0,35	0,12	0,08	0,04	0,12	99,29	0,59	0,12
190	0,45	0,25	0,08	0,04	0,04	0,04	99,55	0,41	0,04
200	0,49	0,29	0,05	0,05	0,05	0,05	99,51	0,44	0,05
210	17,68	0,23	0,08	0,11	0,08	17,19	82,32	0,49	17,19
220	0,66	0,31	0,12	0,08	0,04	0,12	99,34	0,54	0,12
230	1,06	0,49	0,23	0,15	0,08	0,11	98,94	0,95	0,11
240	1,02	0,41	0,19	0,15	0,11	0,15	98,98	0,87	0,15
250	0,79	0,35	0,12	0,12	0,08	0,12	99,21	0,67	0,12
260	0,59	0,31	0,08	0,08	0,04	0,08	99,41	0,51	0,08
270	1,09	0,43	0,20	0,23	0,12	0,12	98,91	0,98	0,12
280	0,40						99,60	0,00	0,00
290	0,92	0,39	0,12	0,08	0,08	0,27	99,08	0,66	0,27
300	0,95	0,36	0,12	0,16	0,04	0,28	99,05	0,67	0,28
305	0,89	0,44	0,15	0,15	0,07	0,07	99,11	0,82	0,07
310	0,57	0,37	0,08	0,08	0,00	0,04	99,43	0,53	0,04
320	0,53	0,34	0,08	0,08	0,04	0,00	99,47	0,53	0,00
330	0,62	0,38	0,12	0,08	0,04	0,00	99,38	0,62	0,00
340	0,56						99,44	0,00	0,00
350	1,18	0,57	0,21	0,14	0,07	0,18	98,82	1,00	0,18
360	0,20	0,16	0,04	0,00	0,00	0,00	99,80	0,20	0,00
370	1,93	0,40	0,15	0,18	0,18	1,02	98,07	0,91	1,02
380	0,58	0,23	0,12	0,08	0,08	0,08	99,42	0,51	0,08
390	1,29	0,20	0,12	0,08	0,04	0,84	98,71	0,44	0,84
400	0,54	0,19	0,08	0,08	0,04	0,15	99,46	0,38	0,15
410	0,21	0,17	0,04	0,00	0,00	0,00	99,79	0,21	0,00

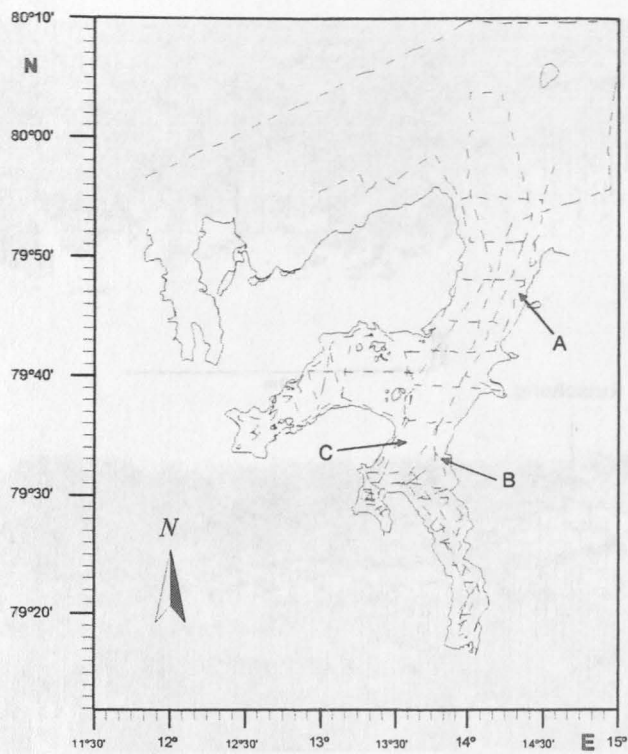
7.5. Phototafeln

- a) Strukturverteilungskarte / Lokationen der Photos

- ### b) Side Scan-Sonar Aufnahmen

- ### c) Radiographien

5.a.: Strukturverteilungskarte

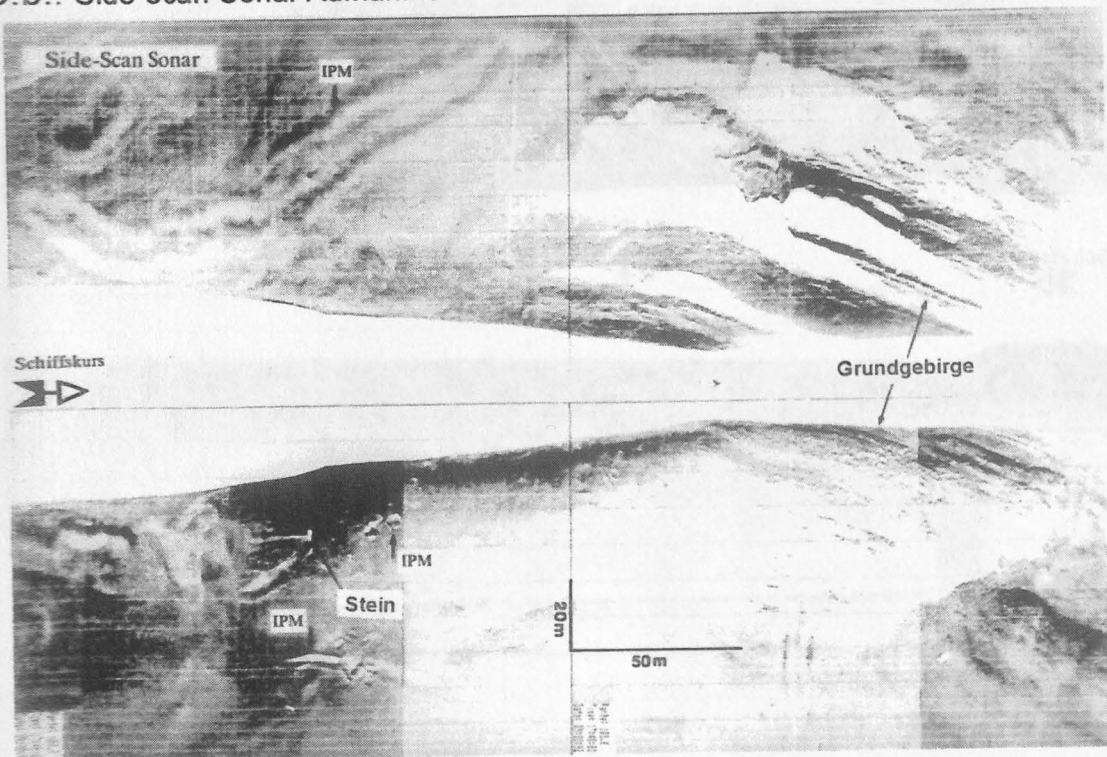


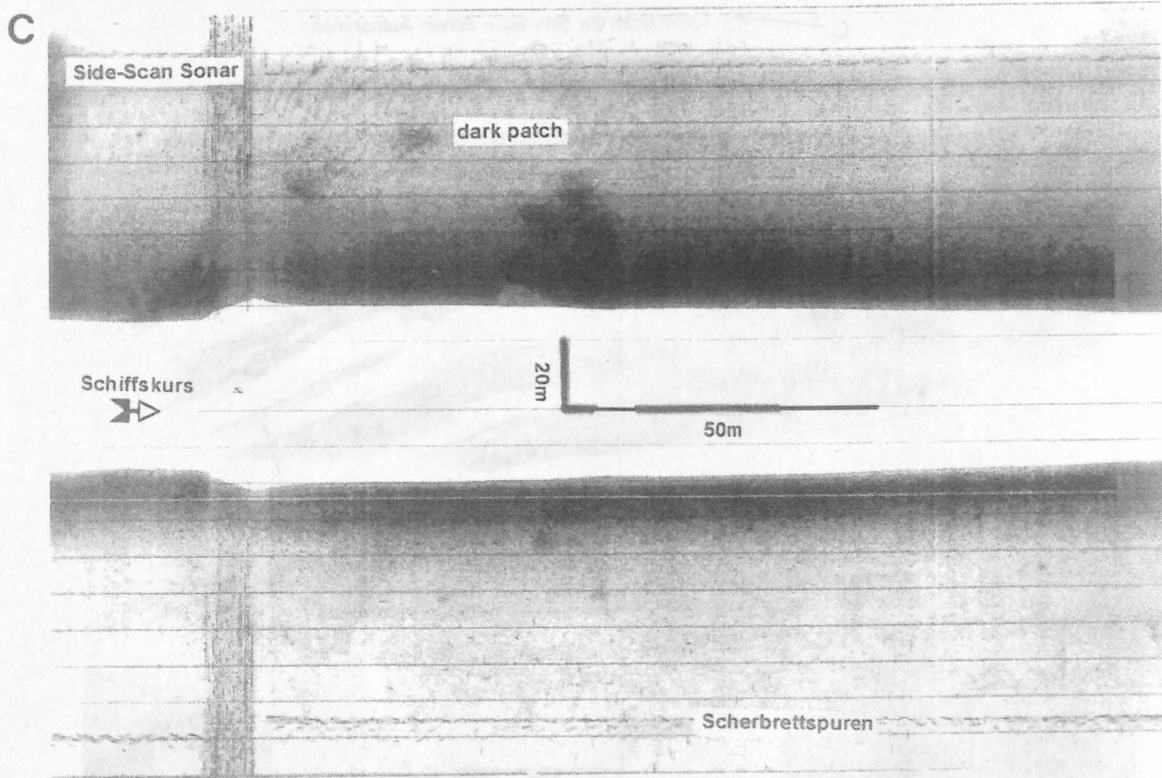
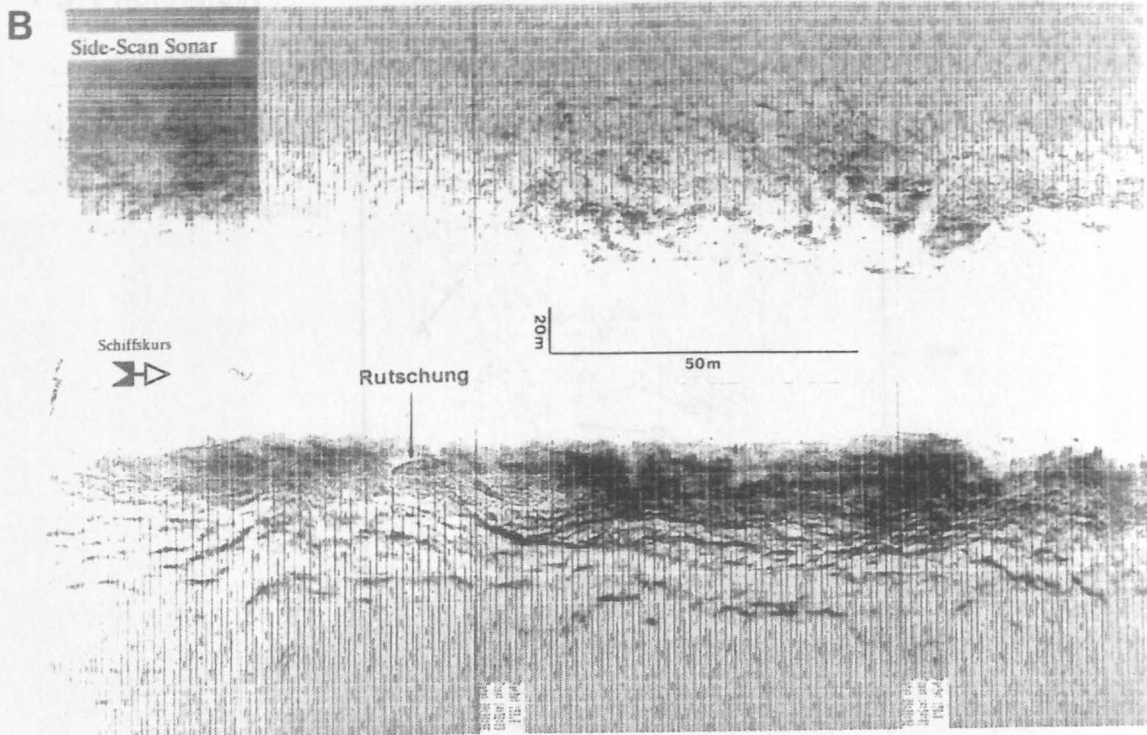
Profile SPE'92

C → Lokationen der Side-Scan Sonar- Aufnahmen

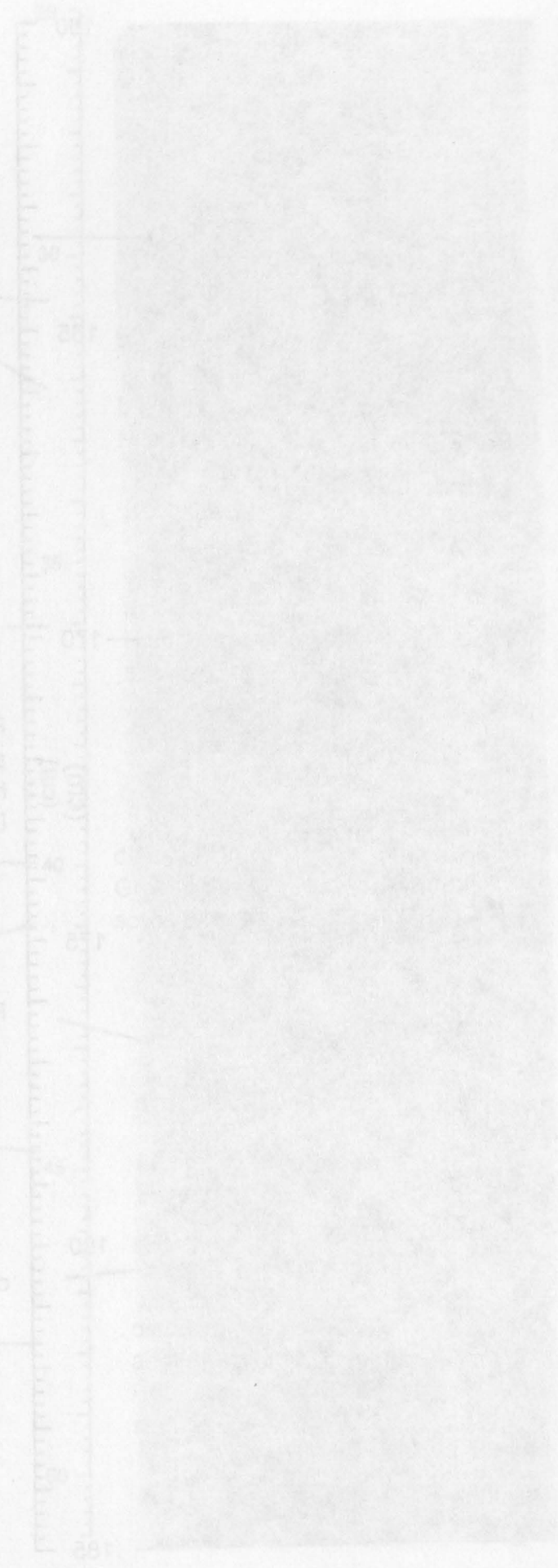
7.5.b.: Side-Scan Sonar Aufnahmen

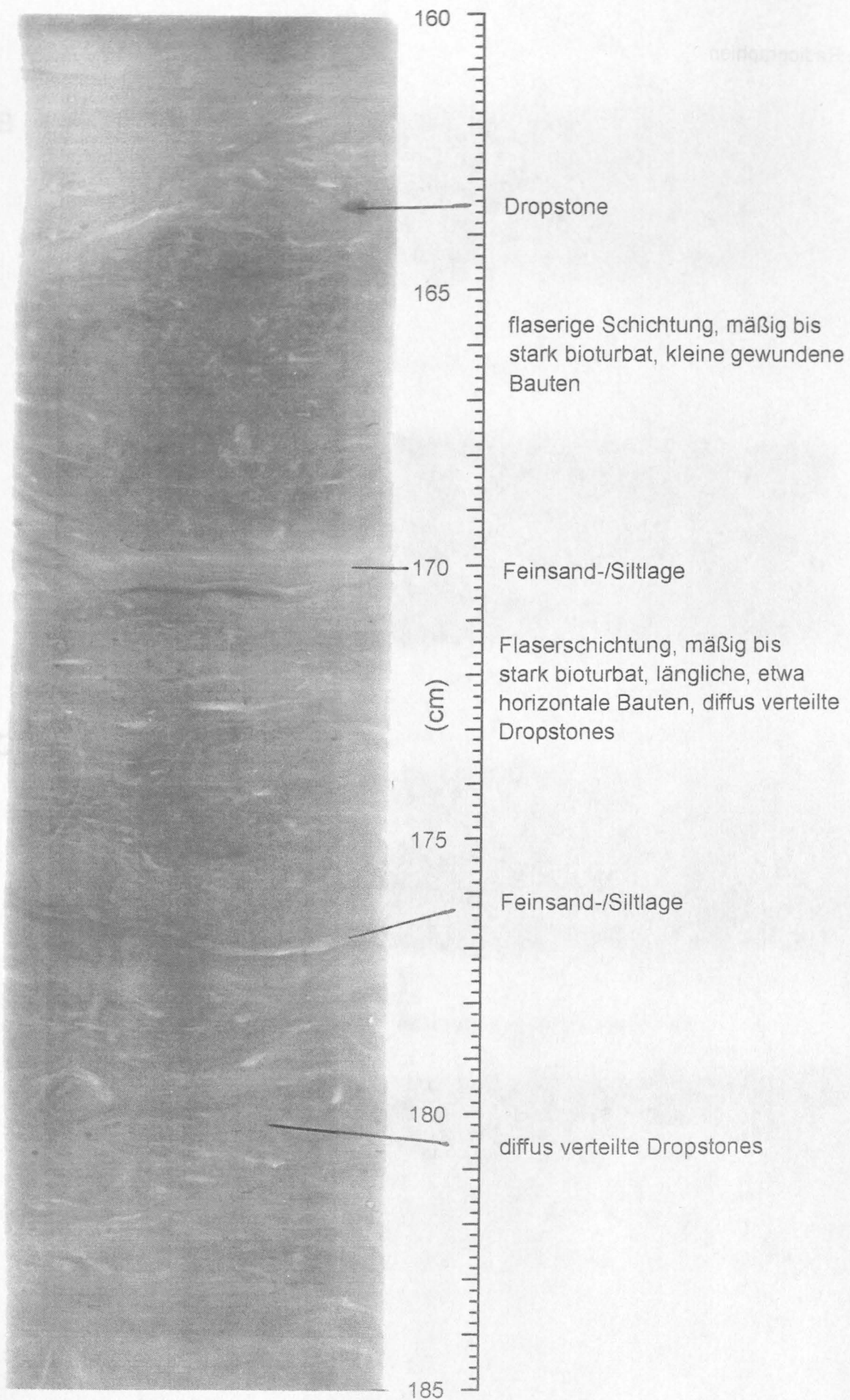
A



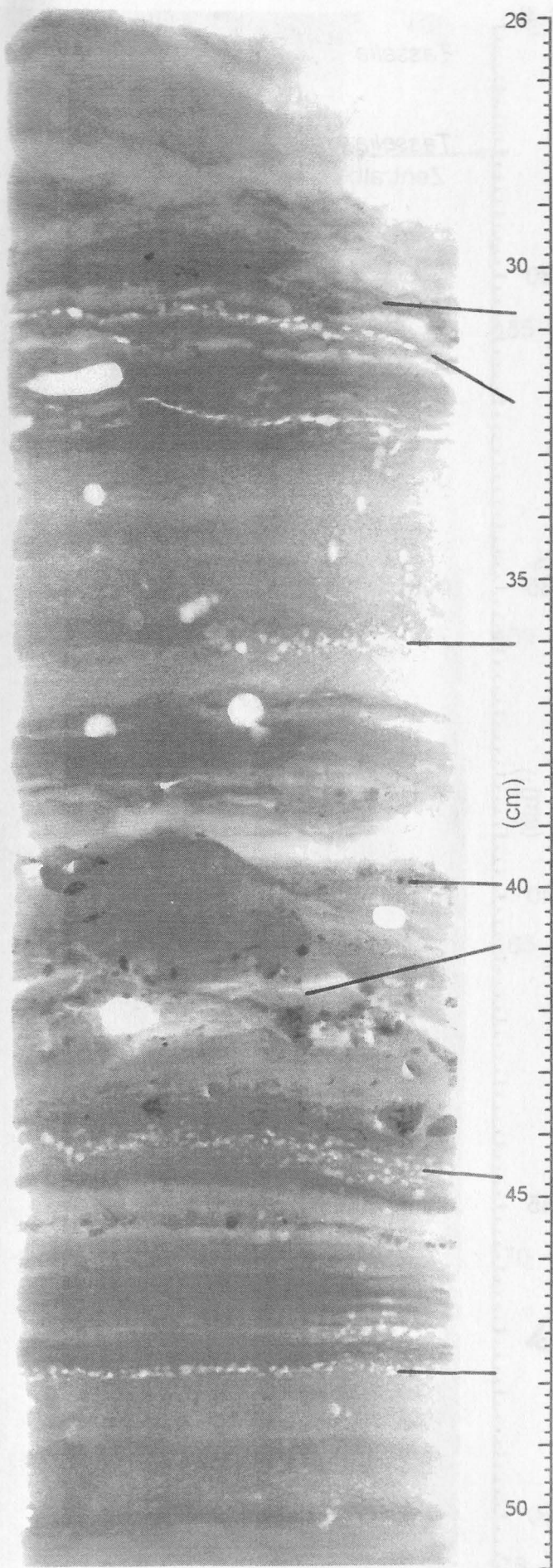


Radiographien





Radiographie von Kern NP'94-11 SC, Intervall 160-185cm



Grobsedimentlage, gradiert
geschichtet

Lage blasenartiger
Hohlräume

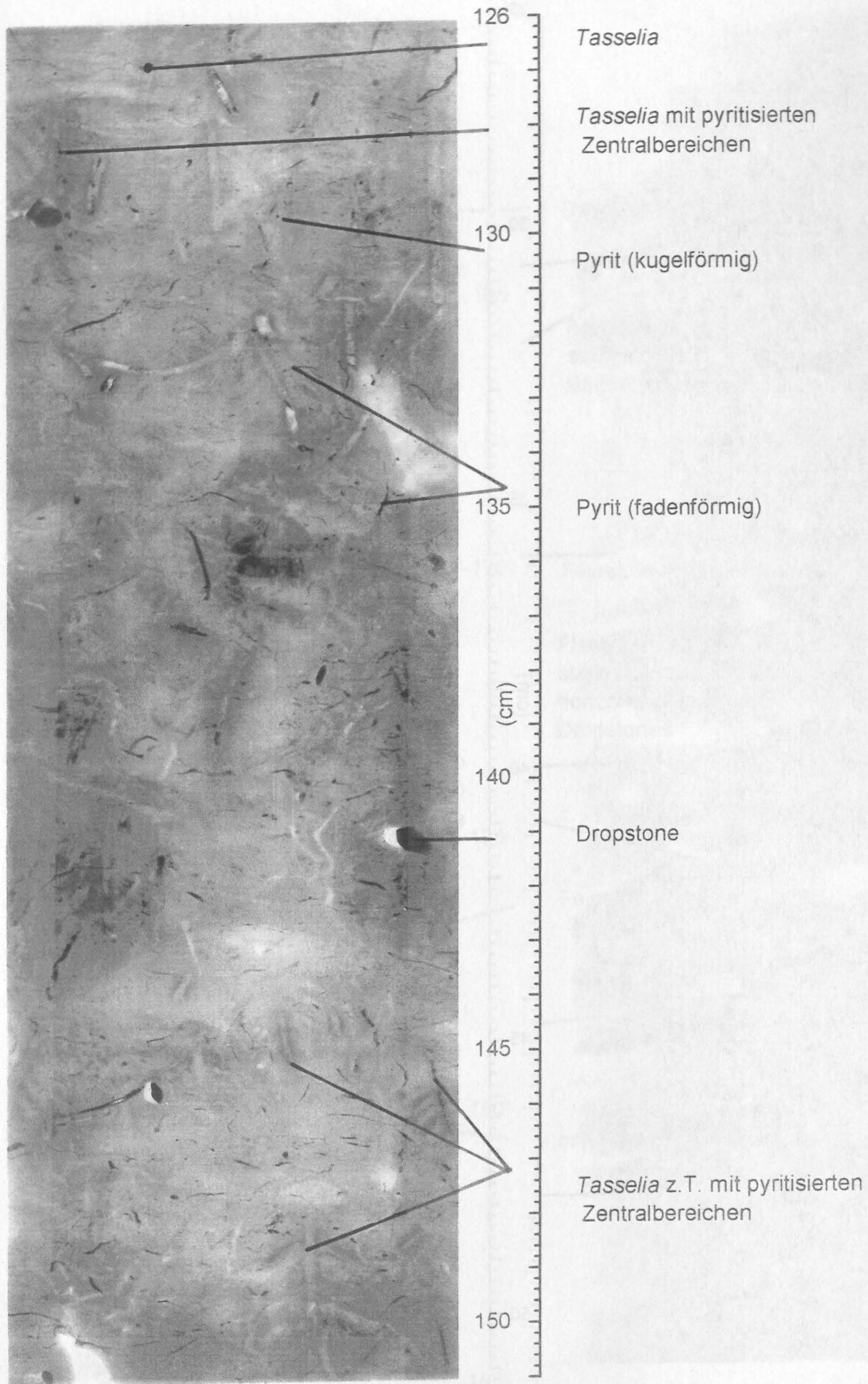
diffus verteilte und lagenartig
angeordnete blasenartige
Hohlräume in unscharfer Warven-
struktur

diffus und lagenförmig angeordnetes
Grobsediment mit Dropstones
sowie Dropstonelagen

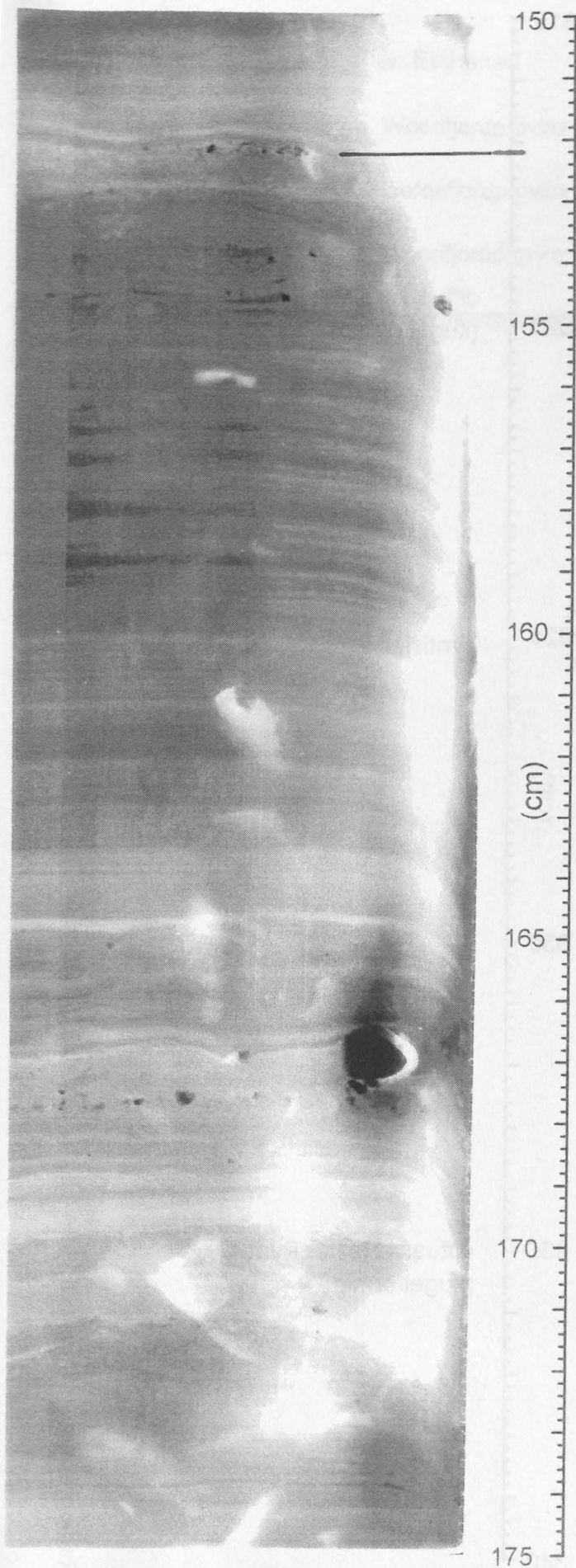
Lage blasenartiger
Hohlräume

diffus verteilte und lagenartig
angeordnete blasenartige
Hohlräume in Warven-
strukturen

Radiographie von Kern NP'94-14 SL, Intervall 26-51cm



Radiographie von Kern NP'94-17 SL, Intervall 126-151cm

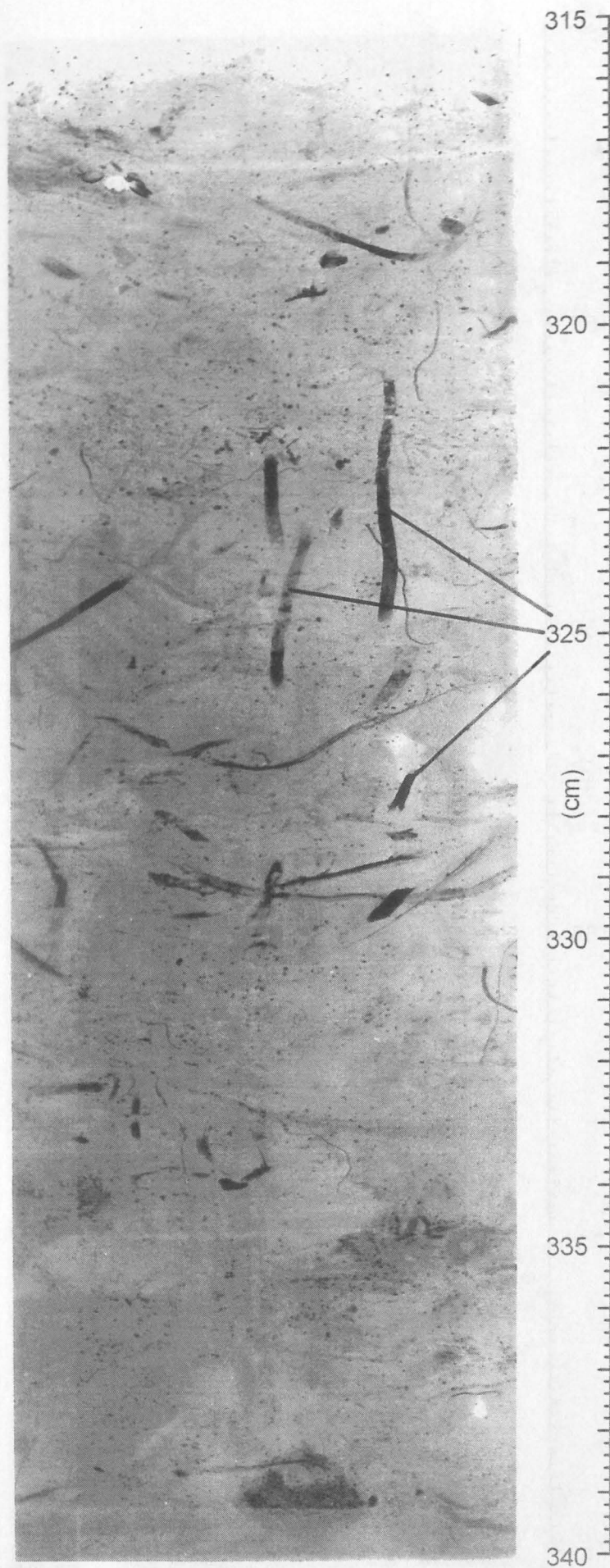


Grobsedimentlage mit
kleineren Dropstones

Warven

Dropstonelage

Radiographie von Kern NP'94-16 SL, Intervall 150-175



diffus verteilter Pyrit
(kugelförmig)

pyritisierte Wurmbauten

diffus verteilter Pyrit
(kugelförmig)

Radiographie von Kern NP'94-17 SL, Intervall 315-340cm

7.6. Beispiele der seismischen Einheiten

1. Airgunseismik:

a. Woodfjordprovinz

b. Liefdefjordprovinz

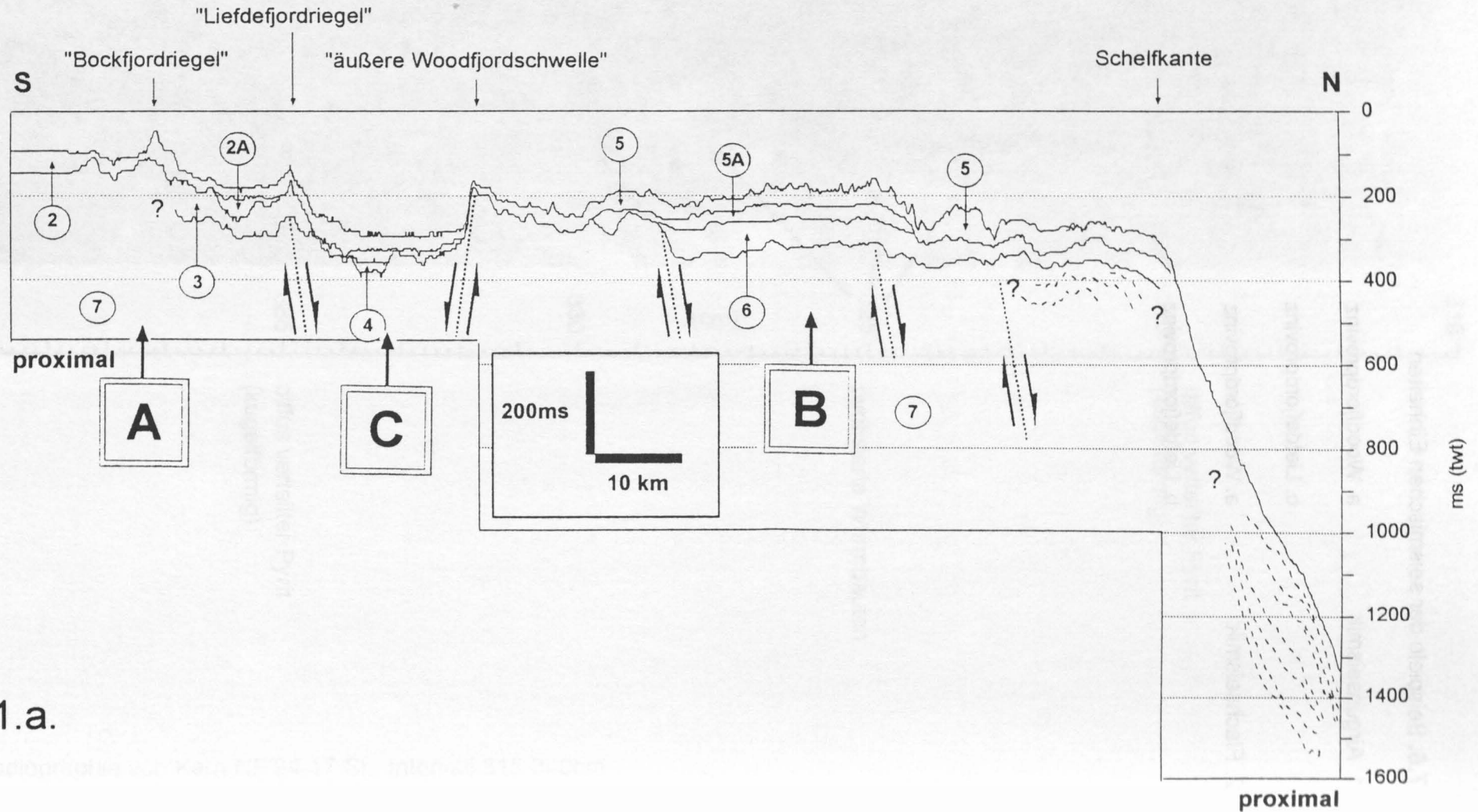
2. Flachseismik:

a. Woodfjordprovinz

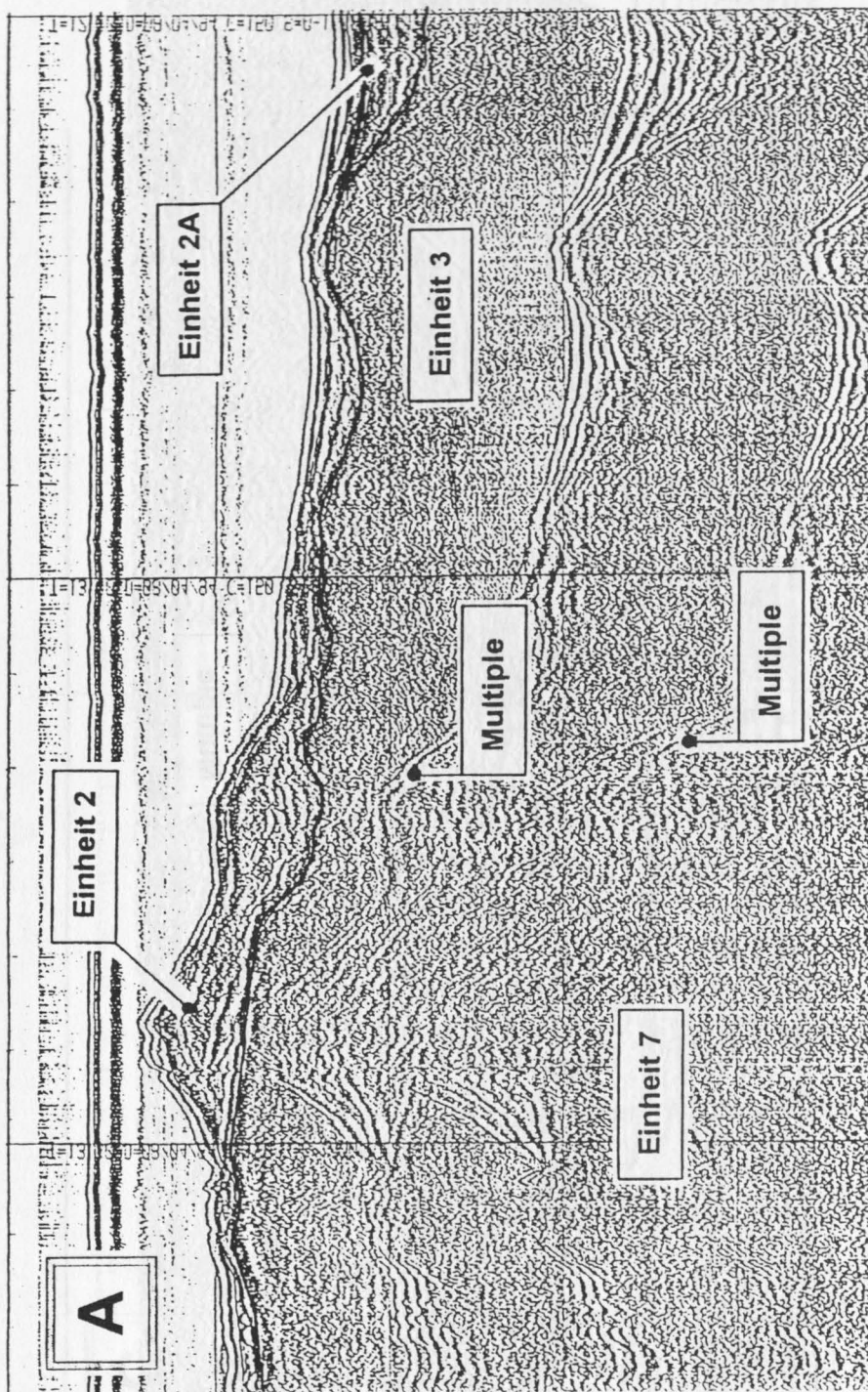
b. Liefdefjordprovinz

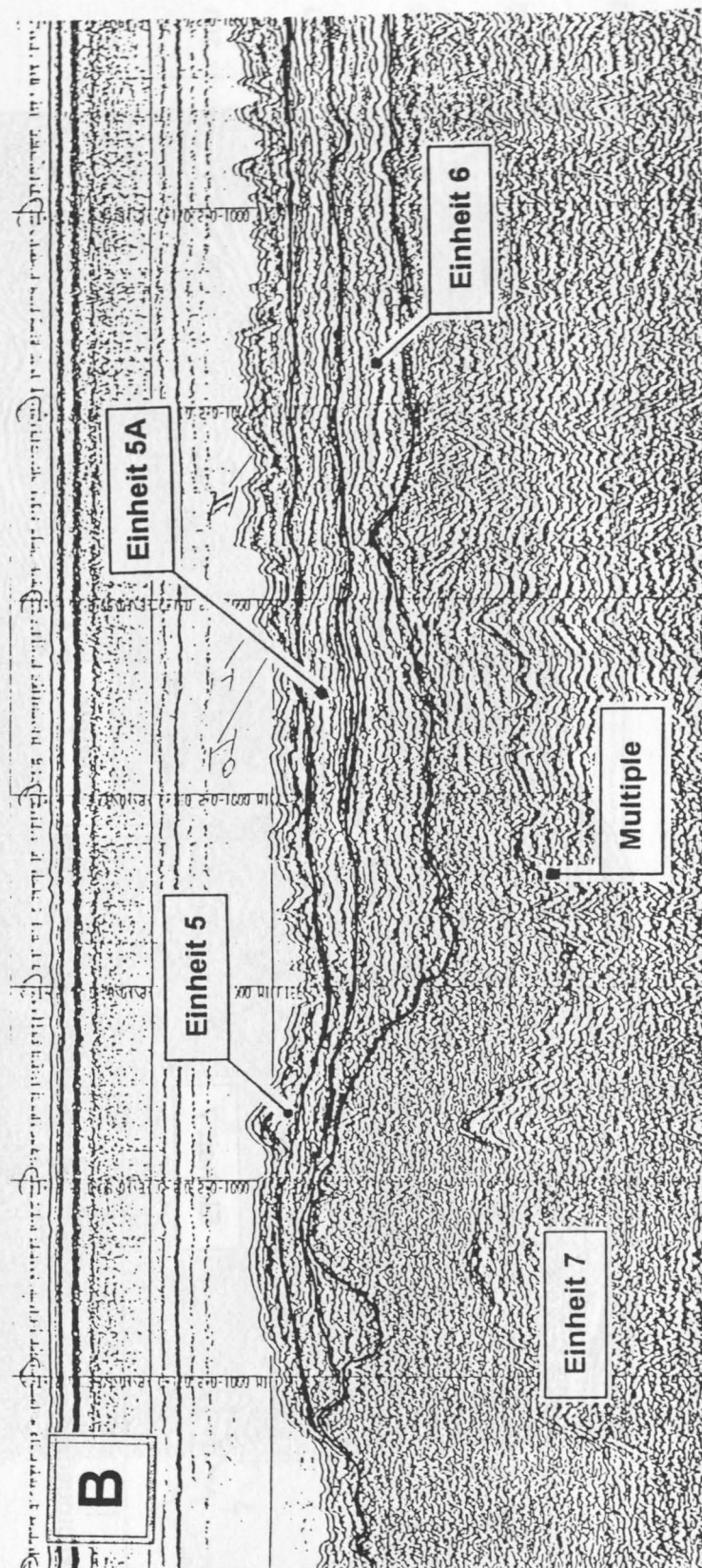


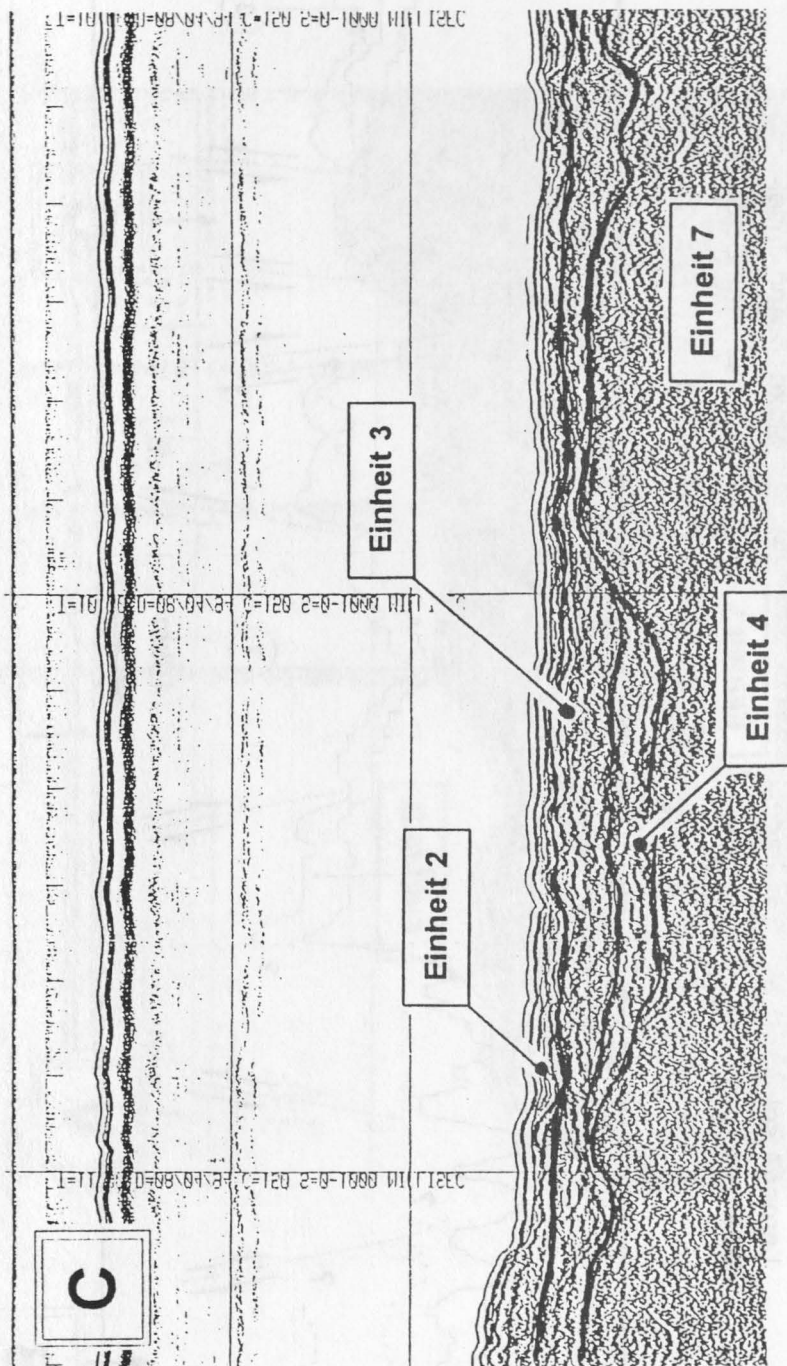
Längsprofil durch den Woodfjord (S-N): Interpretation der Airgunprofile NP'94-901 und NP'94-17



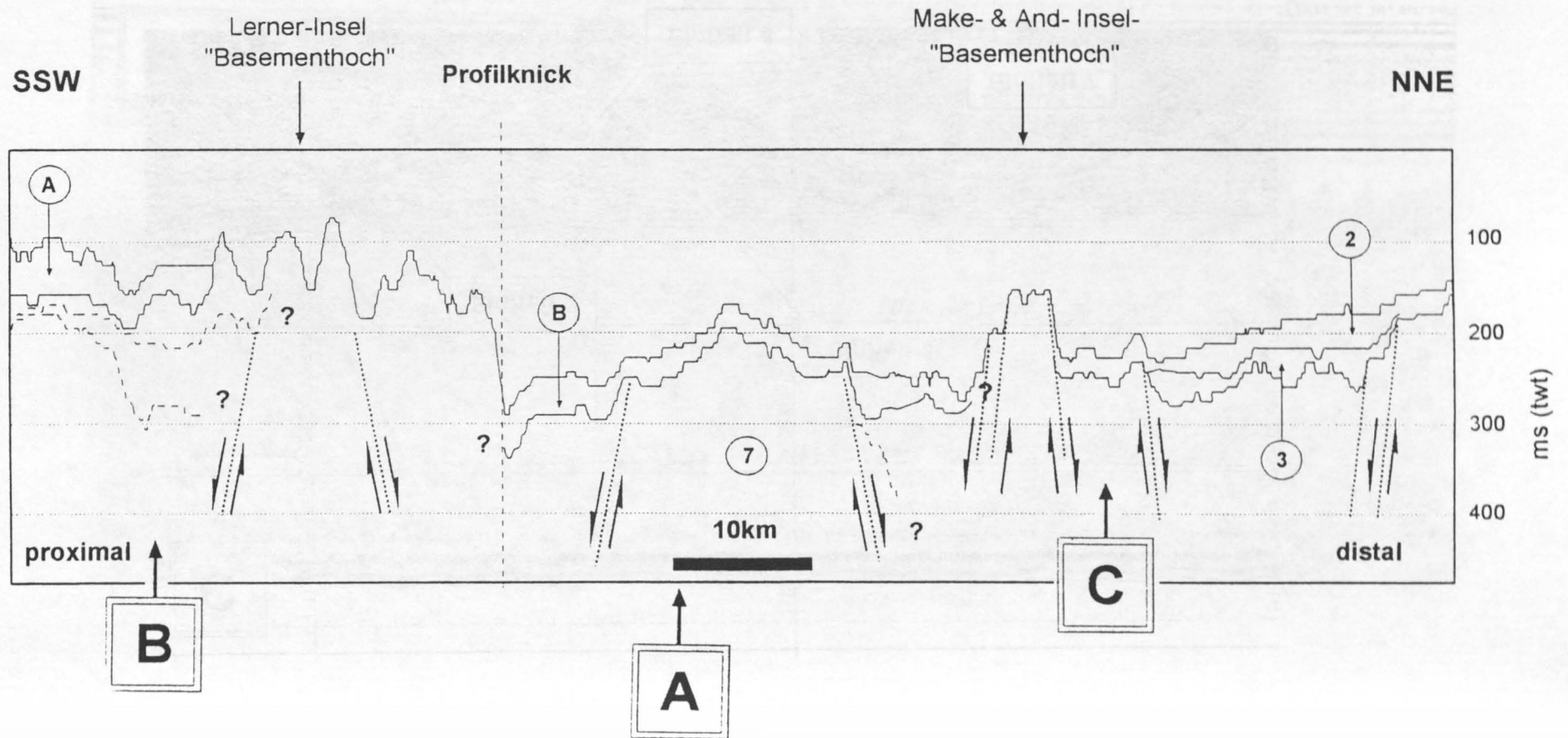
1.a.

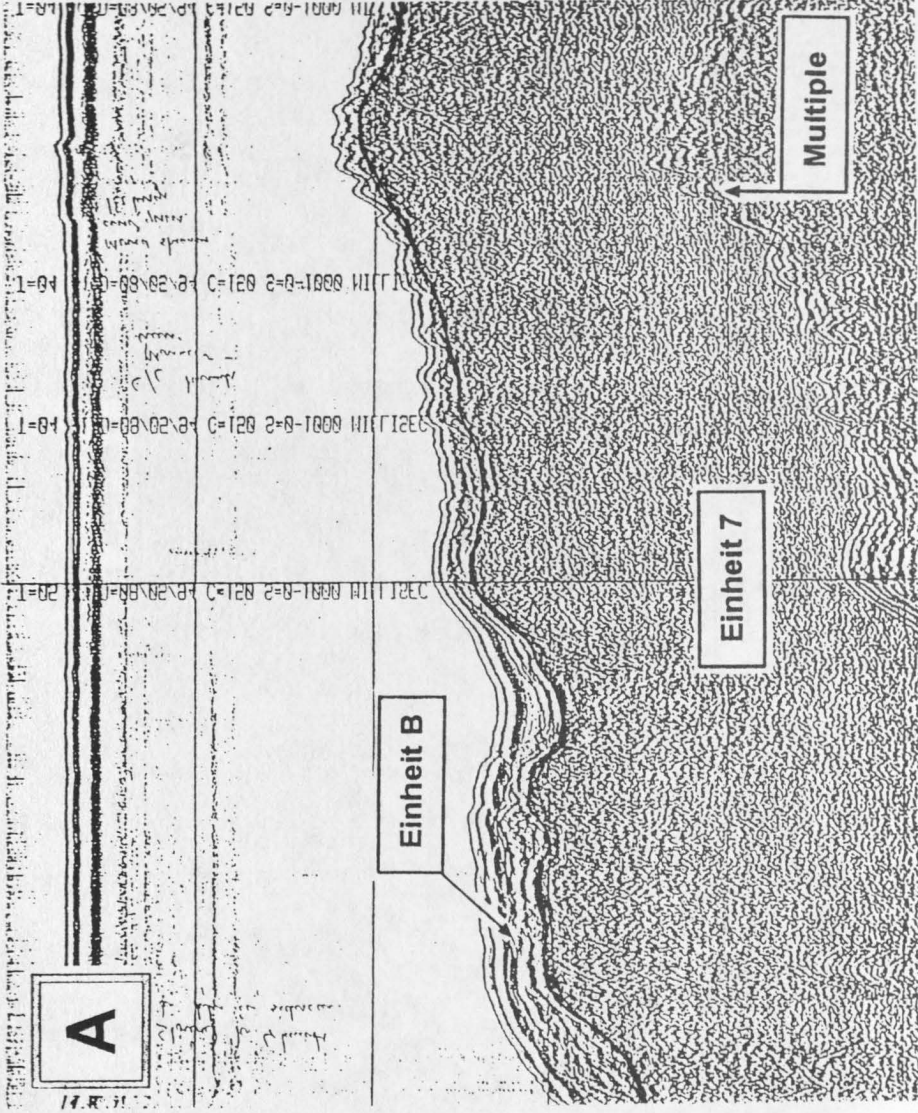






Längsprofil durch den Liefdefjord (SSW-NNE): Interpretation des Airgunprofils NP'94-903





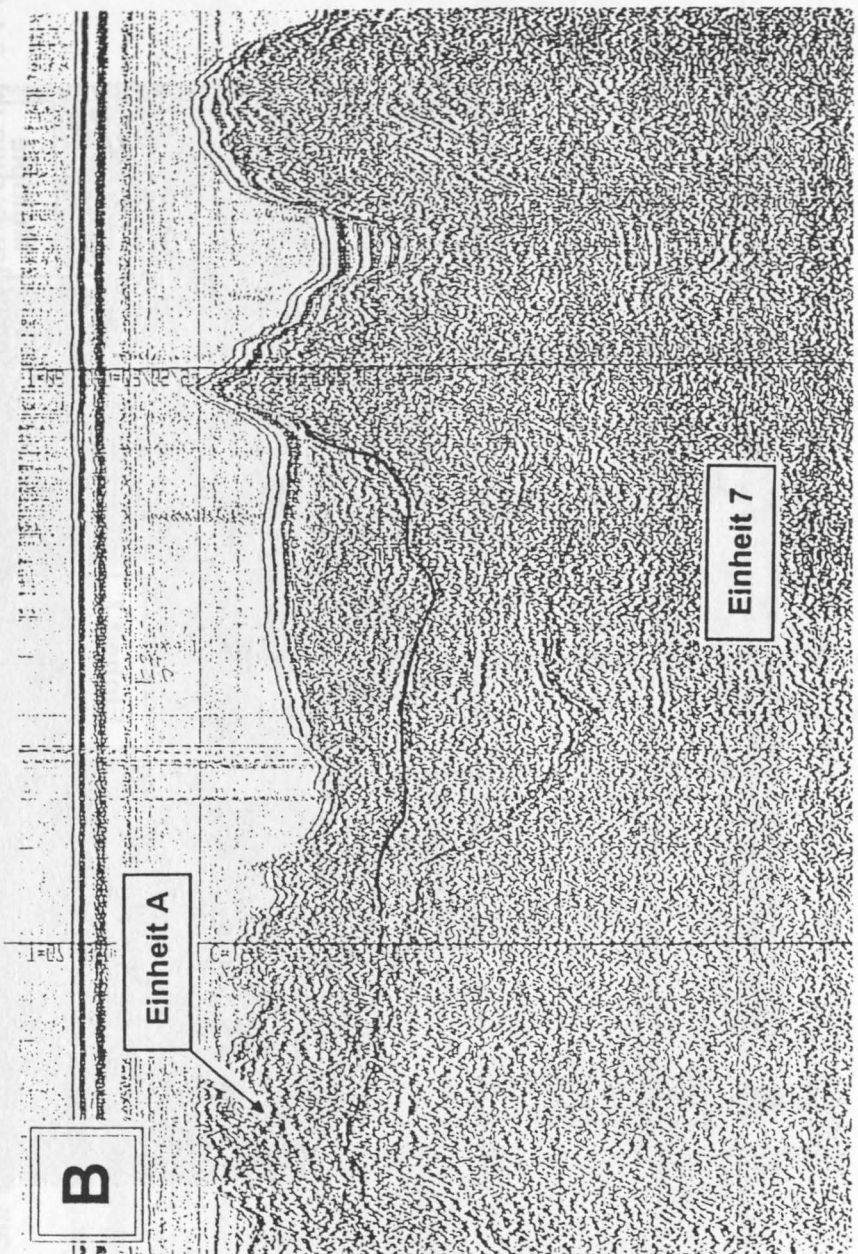
A

Einheit B

Einheit 7

Multiple

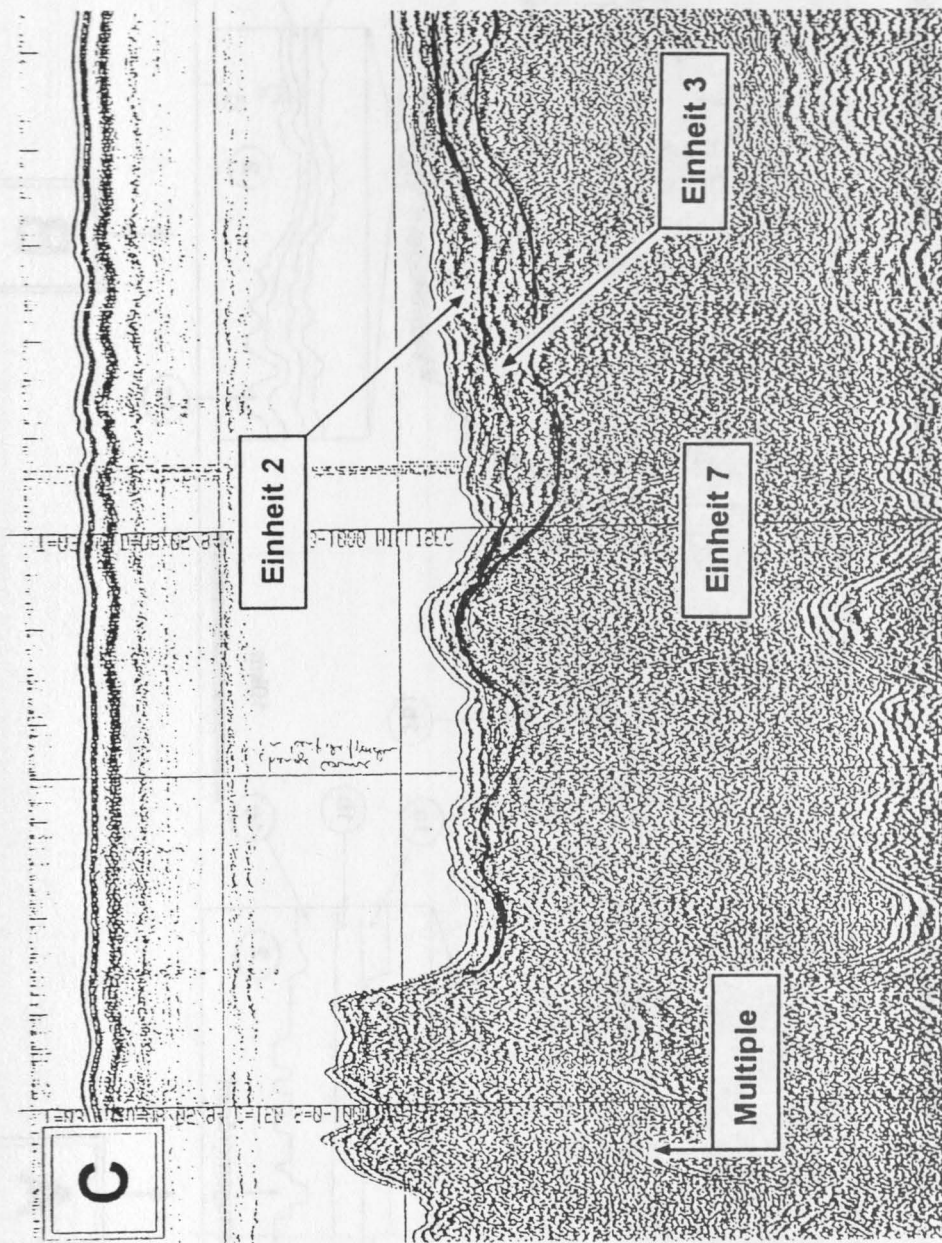
94-903



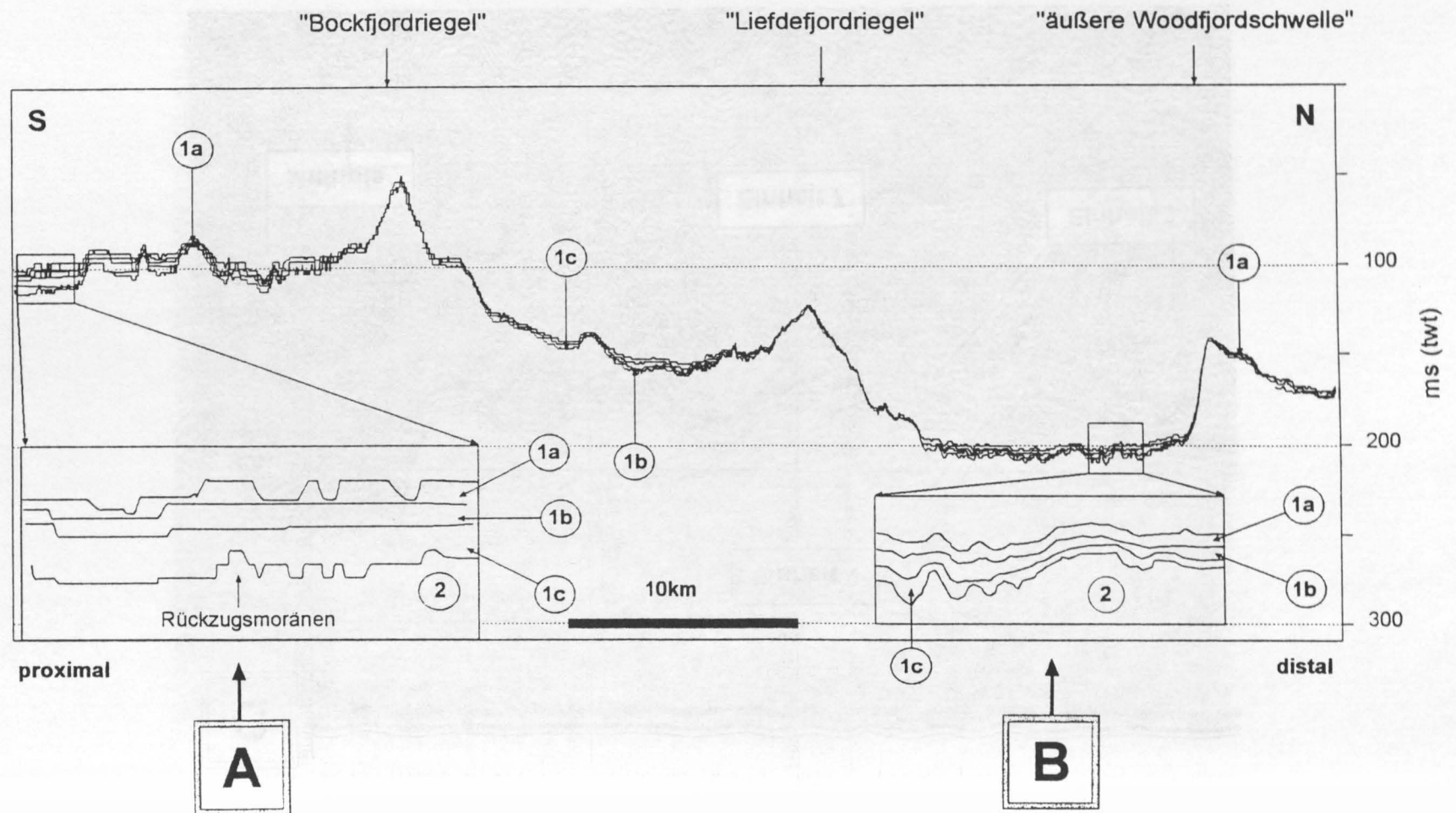
B

Einheit A

Einheit 7



Längsprofil durch den Woodfjord (S-N): Interpretation des 3,5kHz- Profils NP'94-901



2.a.

A

1271

1275

1232

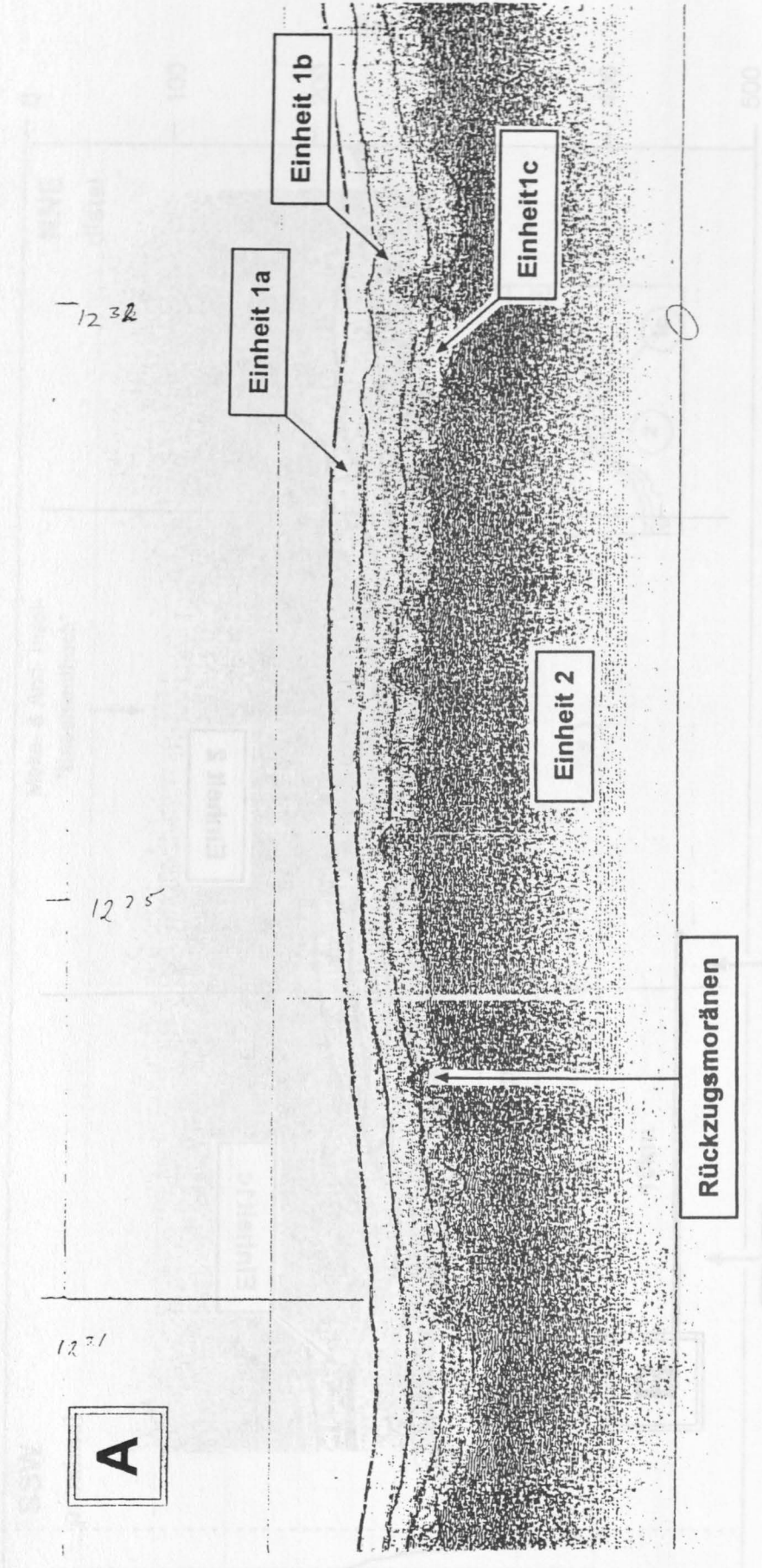
Einheit 1a

Einheit 1b

Einheit 1c

Einheit 2

Rückzugsmoränen



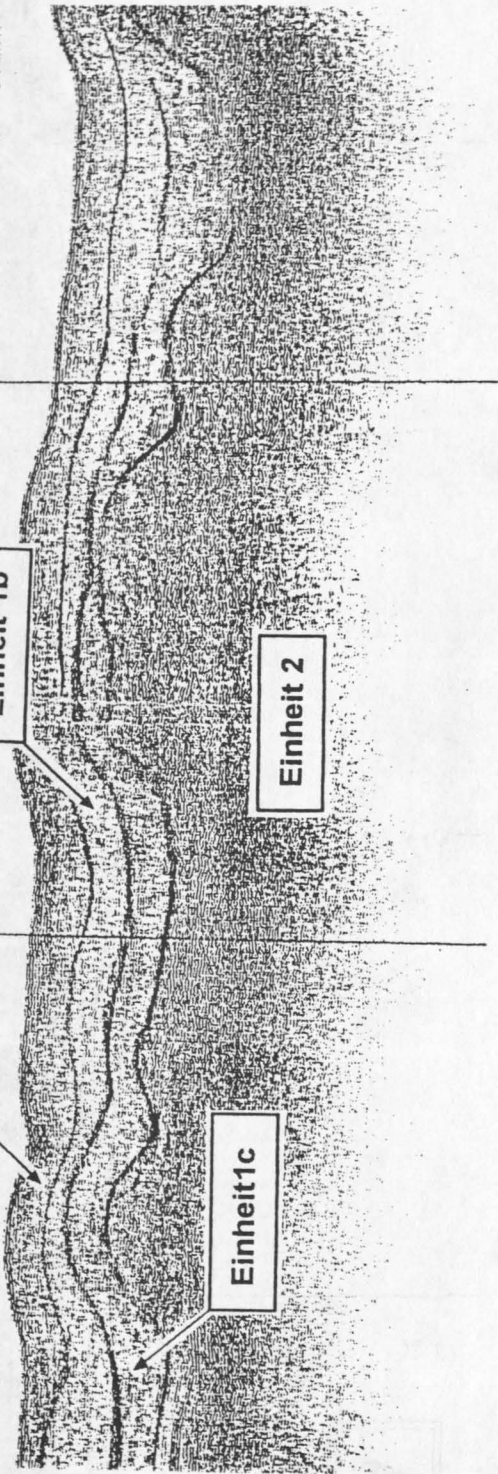
B

Einheit 1a

Einheit 1b

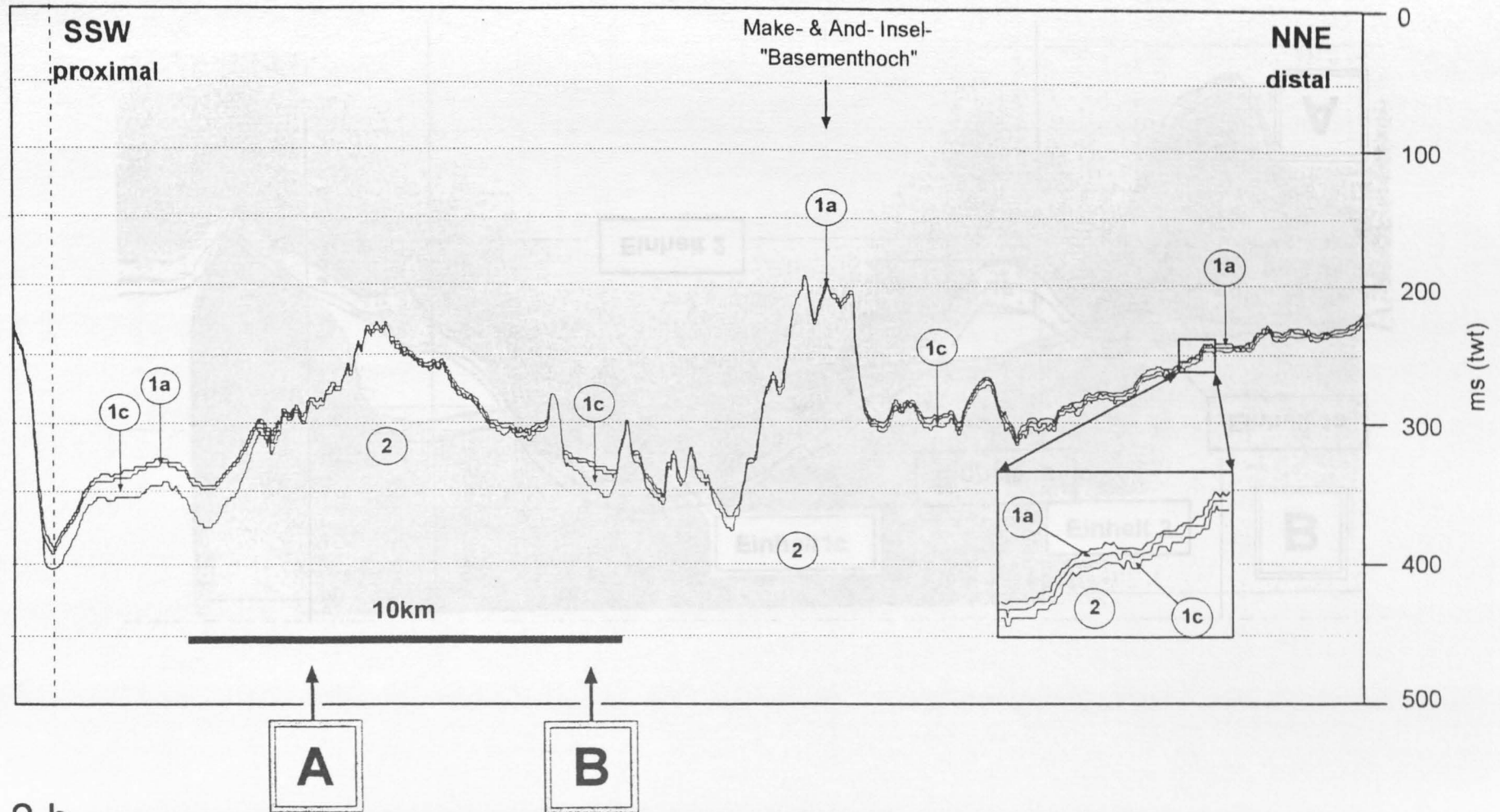
Einheit 1c

Einheit 2

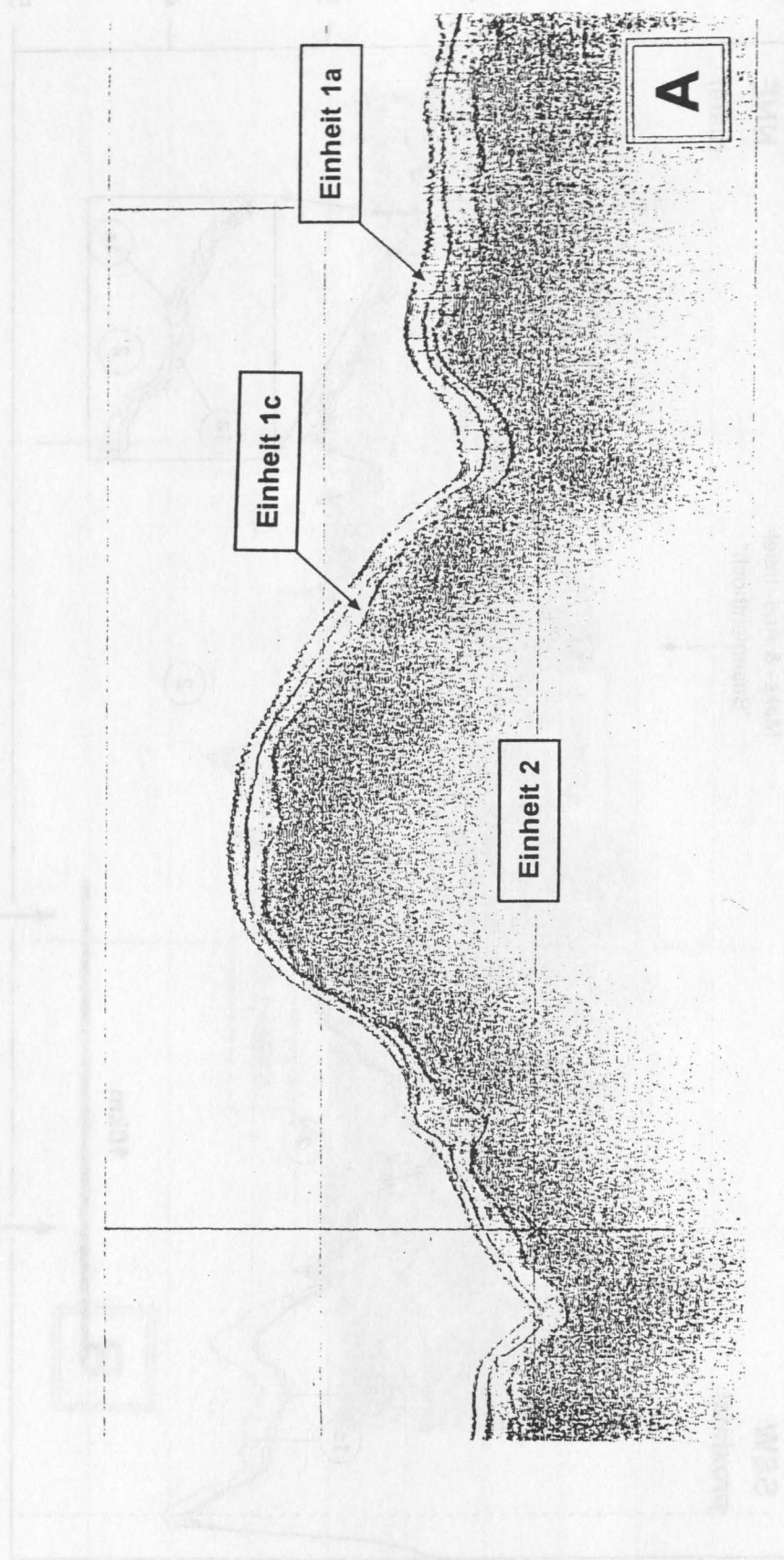


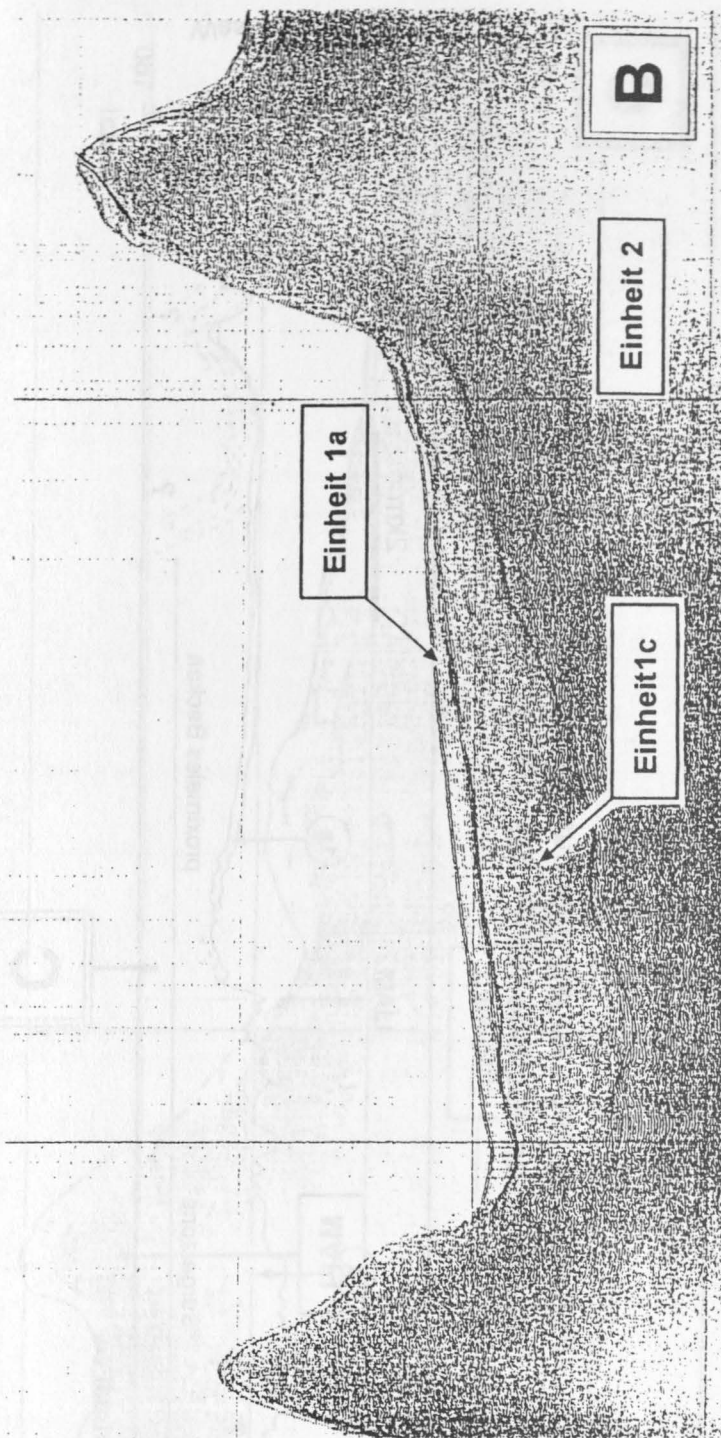
Längsprofil durch den Liefdefjord (SSW-NNE): Interpretation des 3,5kHz- Profils NP'94-903

Profilknick

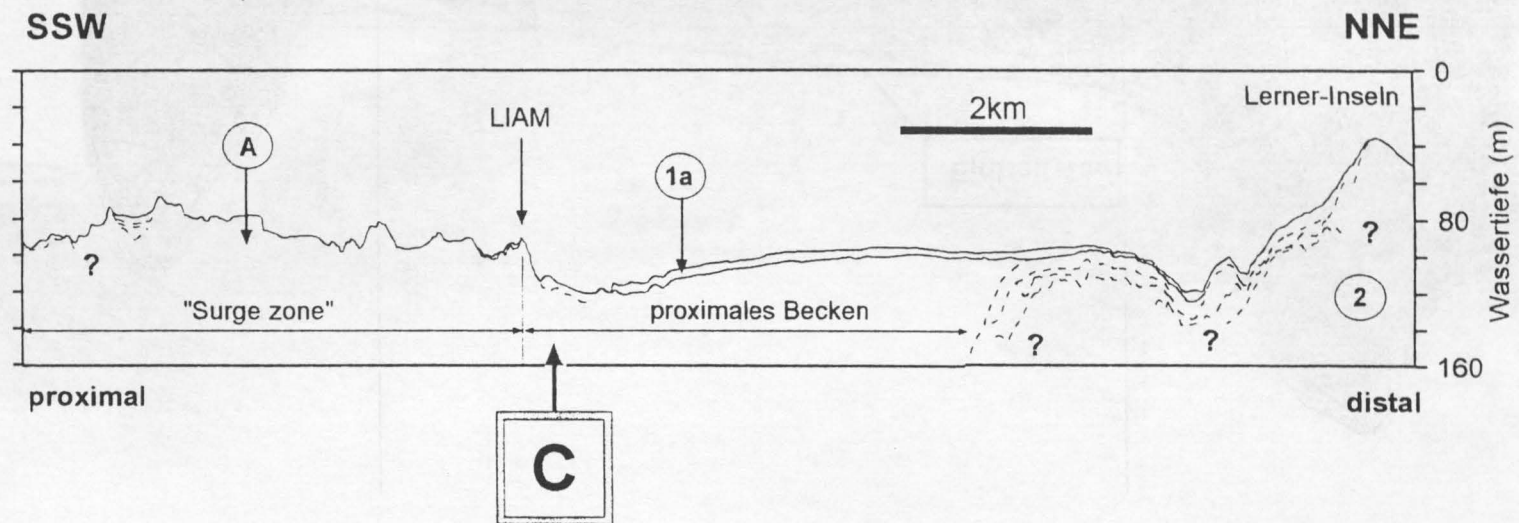


2.b.





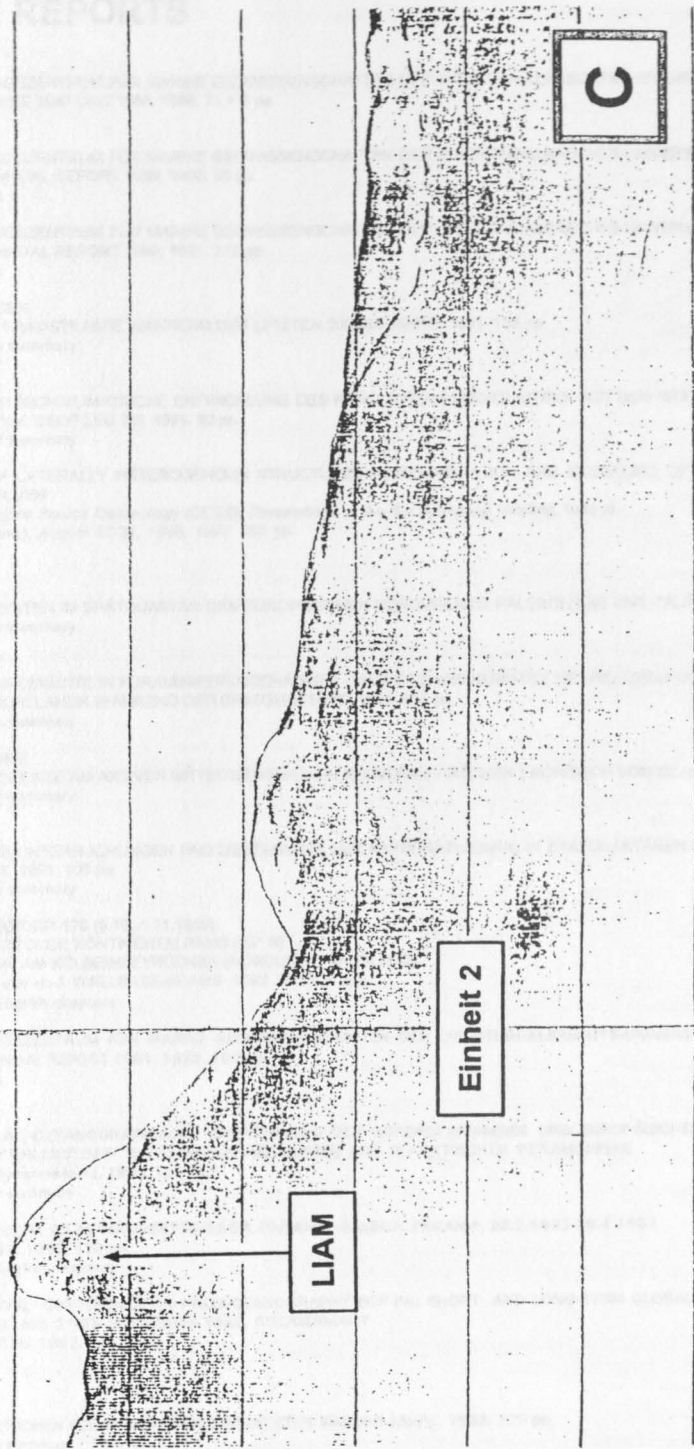
Fortsetzung des Längsprofils durch den Liefdefjord (SSW-NNE):
 Interpretation des Boomer-Profiles SPE'92 Y-U: proximales Becken



C

Einheit 2

LIAM





ENGLAND

MALE



GEOMAR REPORTS

- 1 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
BERICHT FÜR DIE JAHRE 1987 UND 1988. 1989. 71 + 6 pp.
In German
- 2 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1989. 1990. 96 pp.
In German and English
- 3 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1990. 1991. 212 pp.
In German and English
- 4 ROBERT F. SPIELHAGEN
DIE EISDRIFT IN DER FRAMSTRASSE WÄHREND DER LETZTEN 200.000 JAHRE. 1991. 133 pp.
In German with English summary
- 5 THOMAS C. W. WOLF
PALÄO-OZEANOGRAPHISCHE KLIMATISCHE ENTWICKLUNG DES NÖRDLICHEN NORDATLANTIKS SEIT DEM SPÄTEN NEOGEN
(ODP LEGS 105 UND 104, DSDP LEG 81). 1991. 92 pp.
In German with English summary
- 6 SEISMIC STUDIES OF LATERALLY HETEROGENEOUS STRUCTURES - INTERPRETATION AND MODELLING OF SEISMIC DATA.
Edited by ERNST R. FLUEH
Commission on Controlled Source Seismology (CCSS), Proceedings of the 8th Workshop Meeting, held at
Kiel - Fellhorst (Germany), August 27-31, 1990. 1991. 359 pp.
In English
- 7 JENS MATTHIESSEN
DINOFLAGELLATEN-ZYSTEN IM SPÄTQUARTÄR DES EUROPÄISCHEN NORDMEERES: PALÖKOLOGIE UND PALÄO-OZEANOGRAPHIE. 1991. 104 pp.
In German with English summary
- 8 DIRK NÜRNBERG
HAUPT- UND SPURENELEMENTE IN FORAMINIFERENGEHÄUSEN - HINWEISE AUF KLIMATISCHE UND OZEANOGRAPHISCHE ÄNDERUNGEN
IM NÖRDLICHEN NORDATLANTIK WÄHREND DES SPÄTQUARTÄRS. 1991. 117 pp.
In German with English summary
- 9 KLAS S. LACKSCHEWITZ
SEDIMENTATIONSPROZESSE AM AKTIVEN MITTELOZEANISCHEN KOLBEINSEY RÜCKEN (NÖRDLICH VON ISLAND). 1991. 133 pp.
In German with English summary
- 10 UWE PAGELS
SEDIMENTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN UND BESTIMMUNG DER KARBONATLÖSUNG IN SPÄTQUARTÄREN SEDIMENTEN DES ÖSTLICHEN
ARKTISCHEN OZEANS. 1991. 106 pp.
In German with English summary
- 11 FS POSEIDON - EXPEDITION 175 (9.10.-1.11.1990)
175/1: OSTGRÖNLÄNDISCHER KONTINENTALRAND (65° N)
175/2: SEDIMENTATION AM KOLBEINSEYRÜCKEN (NÖRDLICH VON ISLAND)
Hrsg. von J. MIENERT und H.-J. WALLRABE-ADAMS. 1992. 56 pp. + app.
In German with some English chapters
- 12 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1991. 1992. 152 pp.
In German and English
- 13 SABINE E. I. KÖHLER
SPÄTQUARTÄRE PALÄO-OZEANOGRAPHISCHE ENTWICKLUNG DES NORDPOLARMEERES UND EUROPÄISCHEN NORDMEERES ANHAND VON
SAUERSTOFF- UND KOHLENSTOFF- ISOTOPENVERHÄLTNISSEN DER PLANKTISCHEN FORAMINIFERE
Neoglobobulimina pachyderma (sin.). 1992. 104 pp.
In German with English summary
- 14 FS SONNE - FAHRTBERICHT SO 78 PERUVENT: BALBOA, PANAMA - BALBOA, PANAMA, 28.2.1992-16.4.1992
Hrsg. von ERWIN SUESS. 1992. 120 pp.
In German with some English chapters
- 15 FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PALEOCEANOGRAPHY (ICP IV): SHORT- AND LONG-TERM GLOBAL CHANGE:
RECORDS AND MODELLING 21-25 SEPTEMBER 1992, KIEL/GERMANY
PROGRAM & ABSTRACTS. 1992. 351 pp.
In English
- 16 MICHAELA KUBISCH
DIE EISDRIFT IM ARKTISCHEN OZEAN WÄHREND DER LETZTEN 250.000 JAHRE. 1992. 100 pp.
In German with English summary
- 17 PERSISCHER GOLF: UMWELTGEFÄHRDUNG, SCHADENSERKENNUNG, SCHADENSBEWERTUNG AM BEISPIEL DES MEERESBODENS; ERKENNEN
EINER ÖKOSYSTEMVERÄNDERUNG NACH ÖLEINTRÄGEN. Schlußbericht zu den beiden BMFT-Forschungsvorhaben 03F0055 A + B. 1993. 108 pp.
In German with English summary
- 18 TEKTONISCHE ENTWÄSSERUNG AN KONVERGENTEN PLATTENRÄNDERN / DEWATERING AT CONTINENTAL MARGINS.
Hrsg. von/ed. by ERWIN SUESS. 1993. 106 + 32 + 68 + 16 + 22 + 38 + 4 + 19 pp.
Some chapters in English, some in German

- 19 THOMASDICKMANN
DAS KONZEPT DER POLARISATIONSMETHODE UND SEINE ANWENDUNGEN AUF DAS SEISMISCHE VEKTORWELLENFELD
IM WEITWINKELBEREICH. 1993. 121 pp.
In German with English summary
- 20 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1992. 1993. 139 pp.
In German and English
- 21 KAI UWE SCHMIDT
PALYNOMORPHEIM NEOGENEN NORDATLANTIK - HINWEISE ZUR PALÄO-OZEANOGRAPHIE UND PALÄOKLIMATOLOGIE. 1993. 104 + 7 + 41 pp.
In German with English summary
- 22 UWE JÜRGEN GRÜTZMACHER
DIE VERÄNDERUNGEN DER PALÄO GEOGRAPHISCHEN VERBREITUNG VON *BOLBOFORMA* - EIN BEITRAG ZUR REKONSTRUKTION UND
DEFINITION VON WASSERMASSEN IM TERTIÄR. 1993. 104 pp.
In German with English summary
- 23 RV PROFESSOR LOGACHEV - Research Cruise 09 (August 30 - September 17, 1993): SEDIMENT DISTRIBUTION ON THE REYKJANES RIDGE NEAR 59°N
Edited by H.-J. WALLRABE-ADAMS & K.S. LACKSCHEWITZ. 1993. 66 + 30 pp.
In English
- 24 ANDREAS DETTMER
DIATOMEEN-TAPHOZÖNOSEN ALS ANZEIGER PALÄO-OZEANOGRAPHISCHER ENTWICKLUNGEN IM PLIOZÄN UND QUARTÄR
NORDATLANTIK. 1993. 113 + 10 + 25 pp.
In German with English summary
- 25 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1993. 1994. 69 pp.
In German and English
- 26 JÖRG BIALAS
SEISMISCHE MESSUNGEN UND WEITERE GEOPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN AM SÜD-SHETLAND TRENCH
UND IN DER BRANSFIELD STRASSE - ANTARKTISCHE HALBINSEL. 1994. 113 pp.
In German with English summary
- 27 JANET MARGARET SUMNER
THE TRANSPORT AND DEPOSITIONAL MECHANISM OF HIGH GRADE MIXED-MAGMA IGIMBRITE TL, GRAN CANARIA:
THE MORPHOLOGY OF A LAVA-LIKE FLOW. 1994. 224 pp.
In English with German summary
- 28 GEOMAR LITHOTHEK. Edited by JÜRGEN MIENERT. 1994. 12 pp + app.
In English
- 29 FS SONNE - FAHRTBERICHT SO 97 KODIAK-VENT: KODIAK - DUTCH HARBOR - TOKYO - SINGAPUR, 27.7. - 19.9.1994
Hrsg. von ERWIN SUESS. 1994.
Some chapters in German, some in English
- 30 CRUISE REPORTS:
RV LIVONIA CRUISE 92, KIEL-KIEL, 21.8.-17.9.1992: GLORIA STUDIES OF THE EAST GREENLAND CONTINENTAL MARGIN BETWEEN 70° AND 80°N
RV POSEIDON PO200/10, LISBON-BREST-BREMERHAVEN, 7.-23.8.1993: EUROPEAN NORTH ATLANTIC MARGIN: SEDIMENT PATHWAYS,
PROCESSES AND FLUXES
RV AKADEMIK ALEKSANDR KARPINSKIY, KIEL-TROMSØ, 5.-25.7.1994: GAS HYDRATES ON THE NORTHERN EUROPEAN CONTINENTAL MARGIN
Edited by JÜRGEN MIENERT. 1994.
In English; report of RV AKADEMIK ALEKSANDR KARPINSKIY cruise in English and Russian
- 31 MARTIN WEINLT
BECKENENTWICKLUNG DES NÖRDLICHEN WIKING-GRABENS IM KÄNOZOIKUM - VERSENKUNGSGESCHICHTE, SEQUENZSTRATIGRAPHIE,
SEDIMENTZUSAMMENSETZUNG. 1994. 85 pp.
In German with English summary
- 32 GEORG A. HEISS
CORAL REEFS IN THE RED SEA: GROWTH, PRODUCTION AND STABLE ISOTOPES. 1994. 141 pp.
In English with German summary
- 33 JENS A. HÖLEMANN
AKKUMULATION VON AUTOCHTHONEM UND ALLOCHTHONEM ORGANISCHEM MATERIAL IN DEN KÄNOZOISCHEN SEDIMENTEN
DER NORWEGISCHEN SEE (ODP LEG 104). 1994. 78 pp.
In German with English summary
- 34 CHRISTIAN HASS
SEDIMENTOLOGISCHE UND MIKROPALÄONTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR ENTWICKLUNG DES SKAGERRAKS (NE NORDSEE)
IM SPÄTHOLOZÄN. 1994.
In German with English summary
- 35 BRITTA JÜNGER
TIEFENWASSERERNEUERUNG IN DER GRÖNLANDSEE WÄHREND DER LETZTEN 340.000 JAHRE.
DEEP WATER RENEWAL IN THE GREENLAND SEA DURING THE PAST 340,000 YEARS. 1994. 6 + 109 pp.
In German with English summary
- 36 JÖRG KUNERT
UNTERSUCHUNGEN ZU MASSEN- UND FLUIDTRANSPORT ANHAND DER BEARBEITUNG REFLEXIONSSEISMISCHER DATEN AUS DER
KODIAK-SUBDUKTIONSZONE, ALASKA. 1995. 129 pp.
In German with English summary
- 37 CHARLOTTE M. KRAWCZYK
DETACHMENT TECTONICS DURING CONTINENTAL RIFTING OFF THE WEST IBERIA MARGIN: SEISMIC REFLECTION AND
DRILLING CONSTRAINTS. 1995. 133 pp.
In English with German summary
- 38 CHRISTINE CAROLINE NÜRNBERG
BARIUMFLUSS UND SEDIMENTATION IM SÜDLICHEN SÜDATLANTIK - HINWEISE AUF PRODUKTIVITÄTSÄNDERUNGEN IM QUARTÄR. 1995. 6 + 108 pp.
In German with English summary
- 39 JÜRGEN FRÜHN
TEKTONIK UND ENTWÄSSERUNG DES AKTIVEN KONTINENTALRANDES SÜDÖSTLICH DER KENAI-HALBINSEL, ALASKA. 1995. 93 pp.
In German with English summary

- 40 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1994. 1995.
In German and English
- 41 FS SONNE - FAHRTBERICHT / CRUISE REPORT SO 103 CONDOR 1 B: VALPARAISO-VALPARAISO, 2.-21.7.1995.
Hrsg. von ERNST R. FLUEH. 1995. 140 pp.
Some chapters in German, some in English
- 42 R/V PROFESSOR BOGOROV CRUISE 37: CRUISE REPORT "POSETIV". Vladivostok - Vladivostok, September 23 - October 22, 1994.
Edited by CHRISTOPH GAEDICKE, BORIS BARANOV and EVGENIY LEIKOV. 1995. 48 + 33 pp.
In English
- 43 CHRISTOPH GAEDICKE
DEFORMATION VON SEDIMENTEN IM NANKAI-AKKRETIONSKEIL, JAPAN. BILANZIERUNG TEKTONISCHER VORGÄNGE ANHAND VON SEISMISCHEN
PROFILIEN UND ERGEBNISSEN DER ODP-BOHRUNG 808. II + 89 pp.
In German with English summary
- 44 MARTIN ANTONOW
SEDIMENTATIONSMUSTER UM DEN VESTERIS SEAMOUNT (ZENTRALE GRÖNLANDSEE) IN DEN LETZTEN 250.000 JAHREN. 1995.
In German with English summary
- 45 INTERNATIONAL CONGRESS: CORING FOR GLOBAL CHANGE - ICGC '95. KIEL, 28 - 30 June, 1995.
Edited by JÜRGEN MIENERT and GEROLD WEFER. 1996.
In English
- 46 JENS GRÜTZNER
ZUR PHYSIKALISCHEN ENTWICKLUNG VON DIAGENETISCHEN HORIZONTEN IN DEN SEDIMENTBECKEN DES ATLANTIKS. 1995. 96 pp.
In German with English summary
- 47 INGO A. PECHER
SEISMIC STUDIES OF BOTTOM SIMULATING REFLECTORS AT THE CONVERGENT MARGINS OFFSHORE PERU AND COSTA RICA. 1996. 159 pp.
In English with German summary
- 48 XIN SU
DEVELOPMENT OF LATE TERTIARY AND QUATERNARY COCCOLITH ASSEMBLAGES IN THE NORTHEAST ATLANTIC. 1996. 120 pp. + 7 pl.
In English with German summary
- 49 FS SONNE - FAHRTBERICHT / CRUISE REPORT SO 108 ORWELL: SAN FRANCISCO - ASTORIA, 14.4. - 23.5.1996
Edited by ERNST R. FLUEH and MICHAEL A. FISHER. 1996.
- 50 GEOMAR FORSCHUNGSZENTRUM FÜR MARINE GEOWISSENSCHAFTEN DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL
JAHRESBERICHT / ANNUAL REPORT 1995. 1996. 93 pp.
In German and English
- 51 THOMAS FUNCK
STRUCTURE OF THE VOLCANIC APRON NORTH OF GRAN CANARIA DEDUCED FROM REFLECTION SEISMIC, BATHYMETRIC
AND BOREHOLE DATA. 1996. VI, 144 pp.
In English with German summary
- 52 PETER BRUNS
GEOCHEMISCHE UND SEDIMENTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS SEDIMENTATIONSVERHALTEN IM BEREICH
BIOSTRATIGRAPHISCHER DISKONTINUITÄTEN IM NEOGEN DES NORDATLANTIK, ODP LEG 104, SITES 642B UND 643A. 1993. V, 73 pp.
In German with English summary
- 53 CHRISTIANE C. WAGNER
COLD SEEPS AN KONVERGENTEN PLATTENRÄNDERN VOR OREGON UND PERU: BIOGEOCHEMISCHE BESTANDSAUFNAHME. 1996. 108, XXXVI pp.
In German with English summary
- 54 FRAUKE KLINGELHÖFER
MODEL CALCULATIONS ON THE SPREADING OF SUBMARINE LAVA FLOWS. 1996. 98 pp.
In English with German summary
- 55 HANS-JÜRGEN HOFFMANN
OBJEKTORIENTIERTE ANALYSE UND MIGRATION DIFFRAKTIERTER WELLENFELDER UNTER VERWENDUNG DER STRAHLENMETHODE UND
DER EDGE-WAVE-THEORIE. 1996. XXI, 153 pp.
In German with English summary
- 56 DIRK KLÄSCHEN
STRAHLENSEISMISCHE MODELLIERUNG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON MEHRFACHDIFFRAKTIONEN MIT HILFE DER EDGE-WAVES:
THEORIE UND ANWENDUNGSBEISPIELE. 1996. X, 159 pp.
In German with English summary
- 57 NICOLE BIEBOW
DINOFLAGELLATENZYSTEN ALS INDIKATOREN DER SPÄT- UND POSTGLAZIALEN ENTWICKLUNG DES AUFTRIEBSGESCHEHENS VOR PERU.
1996. IV, 100, 17, 14 (7 pl.) pp.
In German with English summary
- 58 RV SONNE - CRUISE REPORT SO109: HYDROTRACE. ASTORIA-VICTORIA-ASTORIA-VICTORIA. MAY 23 - JULY 8, 1996.
Ed. by PETER HERZIG, ERWIN SUESS, and PETER LINKE. 1997.
In English
- 59 RV SONNE - CRUISE REPORT SO110: SO - RO (SONNE - ROPOS). VICTORIA-KODIAK-VICTORIA. JULY 9 - AUGUST 19, 1996.
Ed. by ERWIN SUESS and GERHARD BOHRMANN. 1997.
In English
- 60 RV AKADEMIK M. A. LAVRENTYEV CRUISE 27. CRUISE REPORT: GREGORY. VLADIVOSTOK-PUSAN-OKHOTSK SEA-PUSAN-VLADIVOSTOK.
SEPTEMBER 7 - OCTOBER 12, 1996. Ed. by DIRK NÜRNBERG, BORIS BARANOV, and BORIS KARP. 1997. 143 pp.
In English
- 62 FS SONNE - FAHRTBERICHT/CRUISE REPORT SO123: MAMUT (MAKRAN MURRAY TRAVERSE - GEOPHYSIK PLATTENTEKTONISCHER
EXTREMFÄLLE). Maskat - Maskat, 07.09 - 03.10.1997.
Ed. by ERNST R. FLUEH, NINA KUKOWSKI, and CHRISTIAN REICHERT
- 63 RAINER ZAHN
NORTH ATLANTIC THERMOHALINE CIRCULATION DURING THE LAST GLACIAL PERIOD: EVIDENCE FOR COUPLING BETWEEN MELT-WATER
EVENTS AND CONVECTIVE INSTABILITY. 1997. 133 pp.
In English

- 64 FS SONNE - FAHRTBERICHT/CRUISE REPORT SO112 HIRESBAT (HIGH RESOLUTION BATHYMETRY).
Victoria, B.C., Canada - Apra Harbor, Guam. 17.09 - 08.10.1996.
Hrsg. von WILHELM WEINREBE. 1997. 90 pp.
Some chapters in German, some in English
- 65 NIELS NØRGAARD-PEDERSEN
LATE QUATERNARY ARCTIC OCEAN SEDIMENT RECORDS: SURFACE OCEAN CONDITIONS AND PROVENANCE
OF ICE-RAFTED DEBRIS. 1997. 115 pp.
In English with German summary
- 66 THOMAS NÄHR
AUTHIGENER KLINOPTILOLITH IN MARINEN SEDIMENTEN - MINERALCHEMIE, GENESE UND MÖGLICHE ANWENDUNG ALS
GEOTHERMOMETER. 1997. 119, 43 pp.
In German with English summary
- 67 MATTIAS KREUTZ
STOFFTRANSPORT DURCH DIE BODENGRENZSCHICHT: REGIONALISIERUNG UND BILANZIERUNG FÜR DEN NORDATLANTIK UND
DAS EUROPÄISCHE NORDMEER. 1998. IV, 166 pp.
In German with English summary
- 68 AMIT GULATI
BENTHIC PRIMARY PRODUCTION IN TWO DIFFERENT SEDIMENT TYPES OF THE KIEL FJORD (WESTERN BALTIC SEA). 1998. 139 pp.
In English with German summary
- 69 RÜDIGER SCHACHT
DIE SPÄT- UND POSTGLAZIALE ENTWICKLUNG DER WOOD- UND LIEDEFJORDREGION NORDSPITZBERGENS. 1998. 187 pp.
In German with English summary